Og. 24

R.C.P. EDINBURGH LIBRARY

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/b2171793x

DIE NEUERE THEORIE

ÜBER DIE FEINERE

STRUCTUR DER ZELLHÜLLE,

BETRACHTET AN DER HAND DER THATSACHEN.

VON

PROF. Dr **L. DIPPEL.**

MIT 13 TAFELN.

Abdruck aus den Abhandl. der Senckenb. Gesellsch. X. u. XI. Bd.

FRANKFURT A. M.
CHRISTIAN WINTER.
1878.

Die neuere Theorie über die feinere Structur der Zellhülle, betrachtet an der Hand der Thatsachen

von

Professor Dr. **Leopold Dippel.**

Mit 6 Tafeln.

Zur Begründung der Nägeli'schen Theorie über die feinere Structur der Zellhülle, insbesondere über die Entstehungsweise der Schichtung und spiraligen Streifung der Faserzellen haben der genannte Forscher sowohl, als diejenigen Botaniker, welche demselben ihre unbedingte Zustimmung entgegenbrachten, so namentlich Hofmeister, Sachs u. A. eine Reihe von Thatsachen aufgeführt, die, wenn sie mit dem wirklichen Sachverhalte übereinstimmend gefunden würden, entschiedene Beweiskraft besitzen müssten. Nun standen dieselben aber zum Theil von vornherein mit von anderer, nicht minder glaubwürdiger Seite (Schacht u. A.) veröffentlichten Beobachtungsresultaten z. B. über die Structur der sogenannten »Mittellamelle« in Widerspruch und später habe auch ich, ohne überall tiefer auf die Sache selbst einzugehen, mehrfach, namentlich in dem zweiten Bande meines Mikroskopes, darauf hingewiesen, wie die von den genannten Autoren vorgeführten Beweise nicht überall mit der Natur im Einklange stehen. Es wäre somit Grund genug vorhanden gewesen, in die Prüfung der Beweise für die neuere Theorie einzutreten. Trotzdem aber hat sich — und die Ursache dafür dürfte wol nicht allzu schwer aufzufinden sein — bis jetzt Niemand gefunden, der sich einer gründlichen Revision der in den Werken von Nägeli, Hofmeister, Sachs u. A. niedergelegten Beobachtungen unterzogen hätte.

Dieser Umstand veranlasst mich, meine dahin zielenden, seit einer Reihe von Jahren fortgeführten und mehrfach revidirten Untersuchungen, für welche ich ursprünglich eine andere Weise der Veröffentlichung bestimmt hatte, nunmehr stückweise und in Form von einzelnen in sich abgeschlossenen Abhandlungen darzulegen. Ich kann dabei nicht umhin, den schon einmal (Flora 1874, Nr. 17) ausgesprochenen Wunsch zu wiederholen, dass meine Darlegung Veranlassung zu weiterer Bearbeitung der betreffenden Fragen geben möchte. Ebenso stehe ich aber auch nicht an, und zwar unter entschiedener Verwahrung gegen das neuerer Zeit so sehr in Schwung

gekommene Verschweigen anderer Ansichten und Beobachtungsresultate, die Erklärung abzugeben, wie ich im Interesse unserer Wissenschaft erwarten muss, dass man mit Ernst und Aufrichtigkeit, ohne Voreingenommenheit und Rücksichtnahme auf Persönlichkeiten, an die nicht gerade leichte, sichere Hand und geübtes Auge, wie Zeit und Geduld in Anspruch nehmende Arbeit gehe. Nicht aber, dass klaren und beweisenden — Jedermann zur Einsicht bereit stehenden — Präparaten und den aus denselben sich ergebenden Thatsachen gegenüber, die Sache mit einigen, auf die oberflächliche Betrachtung ungenügender Präparate sich stützenden, namentlich bei jüngeren Leuten landläufig gewordenen Redensarten abgethan werde.

Ich werde mich bei den verschiedenen in Betracht kommenden Punkten an keine bestimmte Reihenfolge binden, sondern dieselben in durch die Umstände bedingten Zwischenräumen je nach freier Wahl einzeln behandeln.

I. Die Structur der Zellhülle und der in sie einmündenden Zellstofffasern der Caulerpa-Arten.

Die Zellhülle sowohl, als die von dem im Hohlraum der Zelle ausgespannten Netzgerüste her in jene sich einsenkenden Zellstofffasern der verschiedenen Caulerpa-Arten besitzen, wie zuerst von Nägeli und dann von Schacht nachgewiesen wurde, eine bald gröbere, bald feinere, immer aber deutlich erkennbare Schichtung.

Der Verlauf dieser Schichtung in den beiden genannten Zelltheilen ist nun von Nägeli, wie von Hofmeister in hervorragender Weise und zwar in Wort und Bild als entscheidender Beweis dafür angeführt worden, dass

1. das Wachsthum der geschichteten Zellhüllen als Ganzes lediglich auf Einlagerung neuer Zellstoffmoleküle zwischen die Molekülarinterstitien bereits gebildeter Hülltheile, also auf Intussusception beruhe,

2. die später sichtbare Schichtung der ursprünglich homogenen Zellhülle als der Ausdruck des Wechsels von aus nachträglicher Scheidung hervorgegangenen wasserarmen und wasserreichen Schichten aufzufassen, und daher

3. die ältere Ansicht von einem nebenher gehenden Wachsthum durch Anlagerung (Apposition) resp. von einer in periodischer Folge stattfindenden Neubildung von Zellhüllgenerationen von der Hand zu weisen sei.

Nägeli sagt in dem zweiten Theile des Werkes »Das Mikroskop, von Nägeli und Schwendner« auf Seite 543 unter Nr. 3:

»In manchen Fällen geht schon aus der Anordnung der Schichtencomplexe und namentlich aus der Vergleichung jüngerer Zustände mit älteren ganz sicher hervor, dass die Vermehrung der Schichten auf der Spaltung schon vorhandener, nicht auf der Anlagerung neuer Substanz auf der Oberfläche beruht. Dies ist z. B. bei zusammengesetzten Stärkekörnern der Fall u. s. w. Ebenso ist auch der Schichtenverlauf in Fig. 219 A, welche einen Durchschnitt durch die Membran von Caulerpa prolifera an der Ansatzstelle einer Cellulosefaser darstellt, mit der Annahme einer Auflagerung unvereinbar; die letztere würde, da der jugendliche Zustand die Verhältnisse von Fig. 219 C zeigt (die Faser als einfache Linie) einen Verlauf der Schichten bedingen, wie er in Fig. 219 B abgebildet ist« (Siehe unsere Fig. 25).

Hofmeister spricht sich auf Seite 193 des ersten Bandes der physiologischen Botanik: »Die Lehre von der Pflanzenzelle« folgendermassen aus:

»Die Zusammensetzung aus Lamellen verschiedenen Lichtbrechungsvermögens besteht bei den Caulerpen nicht allein innerhalb der dicken Zellmembran, sondern auch innerhalb der balkenförmigen, verästelten Fasern, welche frei durch den Zellraum von Wandfläche zu Wandfläche verlaufen. Die Schichten dieser Fasern sind zur Achse der in der Regel cylindrischen Faser concentrisch geordnet. Die Fasern treten in den jüngsten Theilen des Stammes und der Blätter als äusserst dünne Fäden auf, nehmen mit der Ausbildung des Pflanzentheils und während des Dickenwachsthums der Membran desselben allmälig an Dicke zu, und lassen eine Schichtung erst dann erkennen, wenn sie nahezu ihren definitiven Querdurchnitt erreicht haben. Verlauf und Schichtung der Faser ist dann durch alle Lamellen der geschichteten Zellwand hindurch, bis an die äusserste dieser Lamellen, kenntlich (Fig. 53). Es ist klar, dass das Dickenwachsthum der Fasern soweit sie in die sich verdickende Wand eingeschlossen ist, gleichzeitig mit dem Dickenwachsthum der Wand, aber in zu diesem senkrechter Richtung erfolgen muss und dass die Schichtung des in die Wand eingeschlossenen Theiles der Faser nicht durch Auflagerung verschieden beschaffener Lamellen auf die Aussenfläche des bereits vorhandenen Theiles der Faser, sondern nur

durch Differenzirung der durch Intussusception an Dicke zunehmenden Fasersubstanz selbst entstanden sein kann.«

Die angezogene und in unserer Fig. 25 A wiedergegebene Fig. 219 A Nägeli's ist, soweit ich ermessen kann, eine Copie der Fig. 2, Tafel III der Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik von Schleiden und Nägeli (Zürich 1844). Neuere Beobachtungen über die Structur der Zellhülle von Caulerpa scheint also Nägeli, obgleich man dies aus seiner Aeusserung auf Seite 285 der »Stärkekörner« schliessen müsste, nicht unternommen zu haben. Die in der Fig. 24 copirte Figur 53 Hofmeister's dagegen scheint für das oben genannte Werk neu gezeichnet zu sein und gibt ein von der vorhergehenden, wie von den wohl allgemein bekannten Zeichnungen Schacht's entschieden abweichendes, für die neuere Anschauungsweise allerdings recht scharf eintretendes Bild.

Um festzustellen, wie diese Darstellungen, welche, da man ihnen von Seiten der genannten Forscher eine so entschieden beweisende Kraft beilegte, doch nur aus einer recht gründlichen und eingehenden Untersuchung der Thatsachen hätten abgeleitet werden dürfen, sich der Natur gegenüber verhalten und inwieweit sie mich veranlassen müssten, meine Ansichten über die Entwicklung der Schichten zu ändern, sind von mir zunächst ältere Stammstücke einer grösseren Anzahl von Caulerpa-Arten untersucht worden und ist der Sachverhalt, wie ich ihn an sehr instructiven und gelungenen Präparaten gefunden habe, in den Figuren 1—15 niedergelegt.

Diese durch die entsprechenden Originalpräparate gedeckten Figuren, denen meine schon in dem zweiten Bande meines Mikroskopes Seite 340 veröffentlichte Figur 195 an die Seite zu stellen ist, gewähren eine so klar ersichtliche Darlegung des Verhältnisses zwischen den Schichten der Zellhülle und denjenigen der in sie einmündenden Zellstofffasern, dass sie nur weniger erklärender Worte bedürfen.

Durchmustert man zunächst die Figuren 1—6, bei denen die in die Zellhülle eingesenkten Fasern ziemlich genau in der Mitte durchschnitten sind, so ergibt sich daraus:

1. die von der Extracellularsubstanz überlagerte primäre Zellhülle und ein innerer, messbar dicker, doppelt contourirter, über die innere Grenze der Zellhülle hinaus in die Faser zu verfolgender Zellstofffaden der Faser, beide stärker lichtbrechend als die übrigen Schichten und daher auch an dem fertigen Zustande nicht leicht zu übersehen, stehen mit einander in ununterbrochener Verbindung und erweisen sich somit als gleichzeitig entstanden.

2. Nirgends werden die Schichten der Zellhülle in ihrer Gesammtheit und bis zur Grenze der primären Hüllschicht von einer ausgewachsenen Zellstofffaser in ihrer ganzen Mächtigkeit durchsetzt.

3. Die einzelnen Verdickungsschichten, welche innerhalb der primären Zellhülle auftreten, biegen in der Nähe des Kernfadens der Zellstofffasern um und setzen sich ohne Unterbrechung in die den letzteren angehörigen Schichten fort, indem sie sich in mehr oder minder hohen und nicht bei allen Schichten gleichem Maasse auskeilen. Jede einzelne von der Zellhülle ausgehende Schichte umfasst den Kernfaden der Faser wie die nächst älteren Schichten derselben trichterartig. Das mikroskopische Bild ist hier ein solches, dass, wollte man die Schichten bis zu den Umbiegungsstellen einerseits zu der Zellhülle, andrerseits zu den Zellstofffasern rechnen, man allerdings sagen könnte, letztere, spitzten sich von ihrer Eintrittsstelle in die Zellhülle an, nach Aussen hin zu.

Dass dieses Structurverhältniss trichterartiger Einschachtelung mit nach allen Seiten hin ausstrahlenden Umbiegungen in die Zellhüllschichten in sich die Ursache trägt, dass bei dickeren Schnitten dasselbe nicht ganz klar zu Tage tritt, braucht wohl kaum besonders erwähnt zu werden. Es bedarf hier eben neben recht feinen Durchschnitten des sorgfältigsten Gebrauchs der feinen Einstellung und der vollsten Unbefangenheit, um den wahren Sachverhalt heraus zu finden. Daher mag es denn auch kommen, dass die Zeichnungen des sonst so exact beobachtenden Schacht so beträchtlich von der Natur abweichen und dass die bildlichen Darstellungen von Nägeli und Hofmeister so ganz widerspruchslos von der jüngeren Generation der Pflanzenhistologen hingenommen wurden.

Schnitte, welche die Zellstofffasern nicht mitten treffen, sondern nach einer Seite des Schnittes hin nur einen Theil davon abheben, während der andere Theil nicht oder fast nicht getroffen wird, können das Bild ebenfalls trüben, geben aber auf der anderen Seite wieder recht instructive Präparate (Figg. 7—9).

Besonders instructive Präparate gewähren solche Schnitte, welche die Zellstofffasern einer- oder beiderseits noch etwas weiter ausserhalb der Mitte treffen (Figg. 10 und 11) oder bei denen dieselben schief durchschnitten wurden und wo — wie dies in manchen Fällen vorkommt — die Schichten durch den Schnitt mehr oder minder auseinander gezogen werden (Figg. 12 und 13).

In beiden Fällen tritt namentlich die trichterförmige Ineinanderschachtelung der Schichten deutlich hervor und lässt gar keinen Zweifel an dem wahren Sachverhalte aufkommen.

Quellungsmittel, namentlich Kalilauge wirken sehr energisch auf die Schichten und liefern nur in den ersten Stadien gute Bilder. Aber auch derart behandelte, sonst genügende Schnitte können nur dazu dienen das oben dargestellte zu bestätigen (Figg. 14 und 15).

Bliebe aber nach all dem Beobachteten noch ein Zweifel über das Umbiegen und Ueber-

gehen der Schichten der Zellhülle in jene der Zellstofffasern, so ist die Beobachtung in polarisirtem Lichte, wenn dieselbe an recht gelungenen, feinen, die Zellstofffasern in der Mitte treffenden Schnitten ausgeführt wird, im Stande denselben vollständig zu beseitigen.

Schaltet man zwischen den gekreuzten Nicol's, also bei verdunkeltem Gesichtsfelde den Querschnitt so ein, dass die Schichten der Zellhülle wie der Fasern je den Schwingungsebenen parallel verlaufen, so erscheinen die sämmtlichen in diesen Richtungen gelegenen Theile der Schichten von Hülle und Fasern dunkel. Dagegen treten die Umbiegungs- resp. Einmündungsstellen von Zellhülle in Faserschichten, welche eine mehr oder minder genau um 45° gegen die Schwingungsebenen geneigte Lage haben, in intensivem Glanze hervor (Fig. 23).

Umgekehrt gestalten sich die Lichtverhältnisse, wenn man den Querschnitt so einschaltet, dass die Zellhülle wie die Zellstofffaser um 45° gegen die Schwingungsebenen geneigt erscheinen. Die in dieser Richtung mehr oder minder genau dahin gehenden Schichten in Hülle und Fasern erscheinen hell aufleuchtend, die Umbiegungsstellen, welche dabei annähernd den Richtungen der Schwingungsebenen gleichlaufen, erscheinen dunkel (Fig. 22).

Besonders charakteristisch ist die Form der leuchtenden oder dunkeln Partieen an den Umbiegungsstellen, indem sich dieselbe genau der Grösse der betreffenden Bogentheile anschmiegt, die natürlich um so kleiner werden, je näher die Umbiegungsstellen der primären Zellhülle und dem Kernfaden der Zellstofffasern anliegen.

Dass ein derartiges Verhalten der Schichten in polarisirtem Lichte, wobei das Bild der sich von dem Eintritte in die Zellhülle an nach Aussen allmälig zuspitzenden Zellstofffasern entschieden deutlich hervortritt, mit den Nägeli-Hofmeister'schen Darstellungen nicht vereinbar sein würde, leuchtet sofort ein.

Wenden wir uns jetzt, nachdem dargethan ist, dass in den fertigen Zuständen der Caulerpazelle das Verhältniss in dem Schichtenverlaufe zwischen Zellhülle und Zellstofffasern gerade so erscheint, wie es gemäss der von Nägeli aufgestellten Theorie der Schichtenbildung nicht erscheinen dürfte, zu der Entwicklungsgeschichte, so lässt sich an dieser, soweit es bei dem mir zu Gebote stehenden Materiale zu entscheiden möglich ist, Folgendes beobachten:

In der Nähe der Spitze der feinsten Wurzelfasern (wenn man mir diesen Ausdruck gestatten will) erscheint die erste Anlage der Zellstofffäden. Es bilden dieselben dort meist quer durch das Zelleninnere verlaufende, nach den Ansatzpunkten hin sich wenig und allmälig verdickende Fäden, welche mit der von einer nicht sehr stark entwickelten Extracellularsubstanz überlagerten primären Zellstoffhülle in vollständiger Verbindung stehen, mit ihr ein untrennbares

Ganzes bilden und so das Bild wiederholen, welches Kernfaden und primäre Zellhülle in den fertigen Zuständen gewähren (Fig. 16 A). Die Zellstofffäden, anfangs noch sehr zart aber doppelt contourirt verdicken sich in der Folge noch etwas durch Intussusception und zwar bei verschiedenen Arten in verschiedenem Maasse, bei *Caulerpa prolifera* z. B. manchmal ziemlich stark. Dass dieselben zugleich mit der primären Zellhülle aus dem Protoplasma entstanden sind, nicht später erst entstehen und dann an die letzteren festwachsen, glaube ich mit ziemlicher Sicherheit annehmen zu dürfen. Auf der Flächenansicht erscheinen die Kernfäden als helle homogene Kreise von einem, der oberen Fädendicke entsprechenden Umfange (Fig. 16 B).

Bei schrittweisem Verfolge je älterer Wurzelstücke treten dann zunächst nur eine und im weiteren Fortschreiten der Entwicklung zwei und mehr Schichten auf (Figg. 17—20), welche in Bezug auf ihren Verlauf innerhalb Zellhülle und Zellfaser ganz das gleiche Verhältniss erkennen lassen, wie es oben von den vollständig ausgebildeten Zuständen geschildert wurde. Nirgends findet man bei hinreichend genauer Beobachtung Entwicklungszustände, welche den Schluss gestatteten, als habe sich der Kernfaden der Zellstofffasern selbstständig und unabhängig von der Zellhülle verdickt.

Auf der Flächenansicht erscheinen jetzt die einfachen, homogenen, stärker lichtbrechende Kreise von der entsprechenden Anzahl concentrischer Schichtenkreise umgeben, deren Umfänge je nach höherer oder tieferer Einstellung mehr oder minder deutlich erscheinen (Figg. 18 B, 20 B und 21). Es bilden dieselben eben die optischen Durchschnitte der höher oder tiefer gelegenen Stellen, an denen der Uebergang resp. die Umbiegung von den Faserschichten aus in die Zellhüllschichten stattfindet. Flächendurchschnitte verzweigter Zellstofffasern, wie eine solche in Fig. 14 dargestellt ist, zeigen dabei die bis zu einem gewissen Punkte der Entwicklung entstandenen Schichten von einem gemeinschaftlichen Schichtencomplexe umgeben (Fig. 21 C).

So zeigt uns denn auch die Entwicklungsgeschichte einerseits, dass der Schichtenverlauf, von dem ersten Auftreten der Verdickung an, der gleiche ist, wie er an vollständig ausgebildeten Zuständen beobachtet wird und dass eine unabhängige Verdickung von Zellhülle und Zellstofffasern nicht stattfindet, während sie andrerseits auch gar keine Anhaltspunkte dafür bietet, dass innerhalb einer ursprünglich homogenen, zu einer grösseren Dicke hervorwachsenden Zellhülle oder Zellstofffaser eine nachträgliche Scheidung in wasserärmere oder wasserreichere Lamellen stattfinde.

Darin freilich hat Nägeli Recht, dass bei der Zellhülle der Caulerpa-Arten, wie bei anderen geschichteten Zellhüllen jede einzelne Schichte aus einer äusseren, weniger dichten,

minder stark lichtbrechenden und einer auf jeder Entwicklungsstufe nach innen abschliessenden dichteren, stärker lichtbrechenden Lamelle besteht.

Wie dieses Structurverhältniss sich auch mit einer anderen Entwicklungsweise der Schichten, als der Nägeli'schen, vereinbaren lässt, das will ich heute noch nicht erörtern; ich muss diese Frage vielmehr späterer Entscheidung vorbehalten.

Für heute gilt es nur festzustellen, dass das eine der Beweismittel, welche Nägeli und Hofmeister als Stütze für die im Eingang skizzirte Theorie der Schichtenbildung angeführt haben, in den von ihnen gebrachten Darstellungen mit dem wirklichen Sachverhalte nicht in Einklang steht; also die Prüfung vor der Natur nicht besteht, dass im Gegentheil der Schichtenverlauf in Zellhülle und Zellstofffasern der Caulerpa-Arten für die periodische Neubildung innerhalb der primären Zellhülle sich anlagernder Zellhüllgenerationen spricht, von denen jede einzelne ihre volle Stärke mittelst Wachsthums durch Intussusception erreicht.

Darmstadt, im Februar 1875.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Querschnitt durch die Zellhülle und zwei Zellstofffasern von *Caulerpa prolifera* mit die letzteren ziemlich nahe in der Mitte treffenden Schnittebenen. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 2. Desgleichen von *Caulerpa Lamourexii* mit einer Zellstofffaser. Vergrösserung = 1:600

Fig. 3. Desgleichen von *Caulerpa papillosa* mit einer, nahe der Eintrittstelle in die Zellhülle sich theilenden und einer von der unteren Seite des Schnittes her eintretenden Zellstofffaser. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 4. Desgleichen von *Caulerpa turbinata* mit einer — bei dieser Art an manchen Stellen auftretenden — dicken Zellstofffaser mit zwei in deren Mitte von unten her eintretenden dünneren Fasern. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 5. Querschnitt von *Caulerpa papillosa*. Die primäre Zellhülle ist von dem Kernfaden der Zellstofffaser abgerissen und einzelne Schichtencomplexe haben sich von einander getreunt, wobei das Umbiegen der Schichten von der Zellhülle aus in die Zellstofffaser sehr deutlich erkennbar wird. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 6. Desgleichen von *Caulerpa serrulata*, mit eigenthümlich gedrehter Zellstofffaser und dadurch bedingtem Schichtenverlauf beim Uebergange aus Zellhülle in Zellstofffaser. Vergrösserung — 1:520.

Fig. 7. Querschnitt durch ein altes Stammstück von *Caulerpa prolifera* mit schief durchschnittener, im unteren Theile über der Mitte getroffener Faser. An letzterer Stelle sind deshalb die nach oben schirmartig umbiegenden Fasern durchschnitten und zwar in ziemlicher Dicke, weiter nach oben gehen die so durchschnittenen Fasern allmälig in das Bild über, wie es den vorhergehenden Figuren entspricht. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 8. Desgleichen. Hier ist oben die Faser in ihrem ganzen Verlaufe von dem Schnitte getroffen und der dem Beobachter zugewandte Theil durch denselben abgehoben, während nach der anderen Seite die Faser nicht oder fast nicht getroffen wurde. Die Schichten sind daher da, wo sie nach oben umbiegen, durchschnitten, während sie nach der unteren Seite in ihrem ganzen Verlaufe erscheinen und nach dem Zellstofffaden hin einbiegen. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 9. Querschnitt von *Caulerpa Lamourexii*. Die Zellstofffaser ist nach der dem Beobachter zugewandten Seite des Schnittes schief gerichtet und daher etwas oberhalb der Hälfte ihres Verlaufes in der Zellhülle im Kernfaden durchschnitten, während die übrigen Schichten theilweise an der Umbiegungsstelle getroffen wurden und durch den Zug des Messers auseinander gezogen sind. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 10. Querschnitt von *Caulerpa perpusilla*. Die schief verlaufende Faser ist in verschiedener Entfernung von dem Kernfaden getroffen und sind daher die Schichten theilweise so durchschnitten, dass sie die trichterartige Ineinanderschachtelung deutlich erkennen lassen. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 11. Ein ähnliches Präparat von *Caulerpa clavifera*. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 12. Querschnitt von *Caulerpa perpusilla* mit einer schief durchschnittenen, verzweigten Zellstofffaser und auseinander gezogenen Schichten des mittleren Theiles. Die Faser hatte hier offenbar einen etwas gekrümmten Verlauf innerhalb der Zellhülle, so dass sie bei der Eintrittsstelle durch die obere Schnittfläche unter einem kleinen Winkel zur Krümmung, nach Ausseu hin von beiden Schnittflächen parallel zum Kernfaden getroffen in dem mittleren Verlaufe aber in ihrer inneren Partie völlig durchschnitten wurde. Vergrösserung = 1:360.

Figg. 13. Ein ähnlicher Schnitt aus einem Wurzelfaden von *Caulerpa clavifera*. Vergrösserung = 1:600.

Figg. 14 und 15. Zwei mit Kalilauge behandelte Querschnitte von *Caulerpa perpusilla*. Bei 15 ist der obere Theil der Zellhülle uud der Zellstofffaser durch den Schnitt weggenommen. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 16 A. Querschnitt einer der feinsten Wurzelfasern von *Caulerpa prolifera*. B. Flächenansicht der Vereinigungsstellen der Zellstofffasern mit der primären Zellhülle. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 17. Desgleichen mit Kalilauge behandelt, wodurch die erste nun entwickelte Verdickungsschicht deutlicher hervortritt. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 18 A. Querschnitt durch eine etwas ältere Wurzelfaser von *Caulerpa prolifera* mit zwei Verdickungsschichten. B. Flächenansicht einer Zellstofffaser an der Einmündungsstelle, von der unteren Seite des Flächenschnittes betrachtet. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 19. Querschnitt durch eine noch etwas ältere und stärkere Faser von derselben Art.

Fig. 20 A. Querschnitt eines dünnen Zweiges von *Caulerpa turbinata*. B. Flächenansicht der Zellstofffaser nahe der Einmündungsstelle in die Zellhülle, von der unteren Seite betrachtet. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 21 A—C. Querschnitte ausgebildeter Zellstofffasern von *Caulerpa prolifera* wie in der vorigen Figur. In B ist eine stärkere Scheidung zweier Schichtencomplexe ersichtlich. C ist der Durchschnitt einer verzweigten Faser (Figur III entsprechend) nahe an der Eintrittsstelle. Vergrösserung = 1 360.

Figg. 22 und 23. Dieselbe Stelle aus einem Querschnitte von *Caulerpa prolifera* in polarisirtem Lichte betrachtet. Bei Fig. 22 lagen die Schichten der Zellhülle und der Kernfaden der Zellstofffasern um 45° gegen die Schwingungsebenen der gekreuzten Nicol's geneigt; bei 23 verliefen dieselben in gleicher Richtung wie diese. Bei der letzten Figur sind die Begrenzungen der Zellhülle und der Zellstofffasern, ebenso die Lage der Zellhüllschichten durch schwächere Linien angedeutet und dürfen dieselben nicht als durch das polarisirte Licht hervorgebracht angesehen werden.

Fig. 24. Copie der Figur 53 von Hofmeister.

Fig. 25. Desgleichen der Figur 219 A, B und C von Nägeli.

II. Das Wachsthum der Zellhülle (Zellwand) und die Entwicklung der Verdickungsschichten.

Die Begründer der neueren vegetabilischen Gewebelehre, Meyen, v. Mohl, Unger, Schleiden u. A. nahmen bekanntlich ein Dickenwachsthum der Zellhülle (Zellmembran, Zellwand d. Aut.) vorzugsweise durch Apposition, d. h. durch Anlagernng sich nach innen folgender gleichartiger, homogener Schichten an. Die einzelnen Schichten betrachtete man dabei als durch leere Zwischenräume von einander getrennt, welche sich unter dem Mikroskope als dunkle, mehr oder minder breite Ringstreifen darstellten. Dem gegenüber wies Nägeli, wenn wir nicht irren, zuerst 1858 in den »Pflanzenphysiologischen Untersuchungen, Heft II, die Stärkekörner« nach, dass eine Anzahl von Wachsthums- resp. Verdickungserscheinungen sich aus dieser Annahme nicht erklären lasse und dass die Sichtbarkeit der Schichtung lediglich zum Ausdruck gelange durch den Wechsel von weichen, wasserreicheren und dichten, wasserärmeren Lamellen der Zellhülle, welche sich im Laufe der Entwickelung aus der fortdauernd wachsenden homogenen Zellstoffmasse differenzirten. Er erklärte in Folge dieser Beobachtungen das Wachsthum der Zellhülle (und zwar Längswachsthum sowohl, wie Verdickung) durch Einlagerung, Intussusception, für das wahrscheinlichere, ohne aber damals, da ihm ausgedehntere Beobachtungen über das Zellenwachsthum nicht zu Gebote standen, die Frage zum Abschluss gebracht haben zu wollen.

In den neueren Schriften von Nägeli, wie in denen von Hofmeister, Sachs u. A. wird dagegen die Entstehung der Verdickungsschichten, lediglich und allerwegen, als durch Einlagerung, Intussusception, und nachträgliche Differenzirung zu Stande gekommen, dargestellt. Selbst die primäre Zellhülle soll ihr Erscheinen diesem Vorgange verdanken und es wird die Anlagerung neuer Zellhülltheile, Apposition, vollständig von dem Verdickungsprozesse ausgeschlossen.

Schon in meinem Mikroskope Bd. 2, Seite 67. u. f., habe ich darauf hingedeutet, dass mir das Zustandekommen der verschiedenen Theile und Schichten verdickter Zellhüllen allein durch ununterbrochene Einlagerung und nachträgliche Differenzirung der homogenen Zellhülle in weiche und dichte Lamellen auf Grund meiner einschlägigen Beobachtungen als zweifelhaft erscheine. Dort schon habe ich an der Entwicklung der Verdickung von *Clematis*

vitalba nachzuweisen versucht, dass die secundäre Verdickung erst nach vollständiger Ausbildung der primären Zellhülle und zwar durch periodische Einschachtelung in sich differenter Schichten entstehe, ohne dass ich aber entscheiden wollte, wie dies letztere Verhältniss zu Stande komme. In der Folge gelangte ich mehr und mehr zu der Ueberzeugung, dass die Verdickung der Zellhüllen durch Verbindung der beiden Vorgänge: periodischer Neubildung secundärer Zellhüllgenerationen und weiterer Ausbildung dieser durch Einlagerung bewirkt werde, dass also bei dem Dickenwachsthum zwei Processe: ein der Apposition der älteren Autoren entsprechender und die Intussusception wesentlich betheiligt seien. In dieser Ueberzeugung wurde ich umsomehr bestärkt, als sich mir einer der Hauptbeweise für die Nägeli-Hofmeister'sche Wachsthumstheorie, wie in Nr. 1. dargethan, als nichtig erwiesen hatte.

Meine Beobachtungsresultate über die Verdickung zunächst an einigen für die Entwicklungsgeschichte besonders günstigen, theils nur eine mehr oder minder massig entwickelte, theils mehrere secundäre Zellhüllgenerationen aufweisenden Objecten darzulegen und die daraus abzuleitenden Schlüsse zu ziehen, ist der Zweck der nachfolgenden Zeilen.

Zum Ausgangspunkt für das Studium der Verdickungsvorgänge eignet sich am besten die Entwicklung der Verdickung bei den Holzfasern von *Pinus silvestris*, deren Zellhülle bekanntlich aus nur drei optisch unterscheidbaren Schichten: der äusseren »primären«, stark lichtbrechenden, der mittleren, sogen. »secundären«, minder lichtbrechenden und der inneren, sogen. »tertiären« wieder stärker lichtbrechenden Schicht, besteht. In diesem Objecte liegt nämlich zunächst ein Typus vor für die gleichen Entwicklungsvorgänge bei anderen Nadel- und bei vielen Laubhölzern; dann ist an demselben die Beobachtung am leichtesten und schärfsten zu führen, die einzelnen Momente der Entwicklung lassen sich am klarsten auseinanderhalten und es vollzieht sich endlich von ihm aus die Uebertragung der entwicklungsgeschichtlichen Einzelheiten auf die Entstehung der mehrfach geschichteten Zellhüllen möglichst ungezwungen.

Ein Querschnitt durch die Cambiumregion eines alten Stammes von *Pinus silvestris* zur Zeit der lebhaften Bildung des Frühlingsholzes zeigt, abgesehen von dem Verhalten der cambialen Tochterzellhüllen, welches in einem späteren Aufsatze erörtert werden wird und auch bei den vorliegenden Figuren nicht berücksichtigt worden ist, folgende Verhältnisse:

Das eigentliche, eine oder wenige erst getheilte Zellen umfassende Cambium nimmt eine verhältnissmässig nur schmale Zone ein (Fig. 26 *c*.). Die radialen Hüllstücke seiner Zellen, sind in der bekannten Weise durch eine meist ganz structurlose, bald in geringerer, bald in grösserer Masse vorhandene Zwischensubstanz (Fig. 26 *z*.) von einander getrennt und zeigen eine um nur weniges erheblichere Dicke, als die in der Peripherie verlaufenden. Zwischen den

zu Bast und Holz übergetretenen jungen Zellen vermindert sich, während dieselben in radialer Richtung sich strecken, die genannte Substanz mehr und mehr, um endlich ganz zu verschwinden und die benachbarten Zellhüllen sich vollständig berühren zu lassen. So erscheinen diese gleichsam zu einer, zwischen den benachbarten Zellhohlräumen verlaufenden, einzigen homogenen Scheidewand ausgebildet, in der man nur in einzelnen Fällen eine Trennungslinie wahrnehmen kann, welche das Entstehen aus zwei Zellhüllen ohne weiteres documentirt. Die Vergrösserung des radialen Zelldurchmessers schreitet nun noch eine Weile fort und die radialen Hüllstücke werden dabei an Dicke den peripherischen mehr und mehr gleich. Ich wenigstens konnte auf dieser Stufe an den mir vorliegenden Präparaten einen nennenswerth ins Gewicht fallenden Unterschied nicht feststellen. Die jungen Bast- und Holzzellen haben jetzt ohngefähr einen quadratischen Querschnitt und sind allseitig von anscheinend homogenen, einfachen, das Licht stark brechenden, namentlich in dem jungen Holze (mit Ausnahme des, in einer späteren Nummer näher zu besprechenden, mittleren dunklen Netzwerkes der Intercellularsubstanz) in dem Polarisationsmikroskope hell aufleuchtenden Hüllen umgeben. Sobald dieselben ihr normales Ausmaass erreicht haben, was im Baste viel früher als im Holze eintritt (Fig. 26 u. 28), wo es häufig erst in der 7. bis 8., oft sogar in noch weiter rückwärts vor dem noch in Theilung begriffenen Gewebe gelegenen Zellenreihen bemerkbar wird, beginnt die Verdickung innerhalb des Umfanges der vollständig individualisirten primären Zellhülle. Hier sieht man bei den jüngsten von den in den Verdickungsprocess eingegangenen Zellen des Holzes eine, zunächst in den Ecken am deutlichsten erkennbare, an anderen Stellen häufig, indessen nicht immer an der primären Zellhülle dicht anliegende, in einzelnen Fällen diese scheinbar verdickende Hüllschicht (Fig. 26—32 *si.*), welche sich in einzelnen Fällen beim Präpariren ganz oder theilweise loslösst (Fig. 30). Diese Schicht hat eine, der einfachen primiären Zellhülle etwa gleiche Dicke und besitzt ein Lichtbrechungsvermögen, welches dasjenige der letzteren im unverholzten Zustande nahezu, aber nicht ganz erreicht. Dies geht daraus hervor, dass sie bei ihrem Entstehen in polarisirtem Lichte kaum aufleuchtet, lässt sich aber auch aus der Ansicht etwas dickerer, immerhin aber für die Aufhellung des Structurverhältnisses noch hinlänglich dünner, Querschnitte erschliessen, in denen die primäre Zellhülle glänzend weiss mit einem Stich ins Gelbe erscheint, während diese Schicht einen mehr bläulichen Schimmer zeigt. In chemischer Beziehung scheint zwischen den beiden Zellhülltheilen ein wesentlicher Unterschied nicht zu bestehen; denn beide färben sich unter Chlorzinkjodlösung hell bläulich-violett (Fig 30) unter Jod und Schwefelsäure hellblau (Fig. 31). Schon auf diesem Entwicklungszustande befindet sich zwischen der primären Zellhülle und der neugebildeten innersten Schicht, welche

unzweifelhaft hier schon dem entspricht, was man als tertiäre Membran »Innenhaut« u. s. w. unterschieden hat, eine, wenn auch nur in höchst geringer Masse vorhandene, minder stark lichtbrechende, weichere Schicht ausgebildet. Diese wird namentlich nach der Anwendung von Aetzkalilösung (Fig. 27 u. 29) von Chlorzinkjodlösung (Fig. 30 u. 32) oder von Jod und Schwefelsäure (Fig. 31) leicht erkennbar. Vorzugsweise ist hier die Anwendung des erstgenannten Reagenzes (auch vor der Behandlung mittelst eines der anderen) von grossem Nutzen, indem es die mittlere Schicht sofort und überall, wo sie bereits vorhanden ist, durch Quellung derselben auf das entschiedenste hervortreten macht.

Verfolgt man jetzt die Zellenreihe weiter nach innen, so findet man überall und ohne Ausnahme die innerste Schicht von dem gleichen — natürlich je nach Individualität in geringem unwesentlichen Umfange schwankendem — Ausmaasse. Ihre optische Eigenschaft ändert sich dagegen insofern, als dieselbe nach und nach, d. h. in dem Maasse, als sie älter wird, stärker auf das polarisirte Licht wirkt. Der Grund für dieses Verhalten dürfte wohl darin zu suchen sein, dass sie mehr und mehr an Organisatitionswasser verliert. Die mittlere, weiche Schicht nimmt von aussen nach innen stetig an Dicke zu, bis sie das bei den Zellen des Frühlingsholzes gewöhnlich zu beobachtende Ausmaass erreicht hat.

In dem Baste läuft der geschilderte Verdickungsvorgang in gleicher Weise ab, nur dass die mittlere Schicht gleich von vornherein in bedeutender Breite auftritt und weit rascher zu ihrer endlichen Stärke heranwächst (Fig. 26 B).

Noch weit schärfer, als in dem inneren Theile des Jahresringes treten die geschilderten Entwicklungsvorgänge in dem mittleren Theile, wo der Uebergang des Frühlingsholzes in das Herbstholz stattfindet, namentlich aber in dem äusseren Theile, also bei der Herbstholzbildung, hervor (Fig. 28 u. 32). Hier kann man sich auf das allerentschiedenste davon überzeugen, dass die innerste (»tertiäre«) die **erste** Verdickungsschicht bildet, dass sie viel früher vorhanden ist, als dieselbe in den Figuren 3, Taf. VII und 1, Taf. VIII der Sanio'schen Arbeit (Prinsheimer Jahrbücher IX, Heft 1) über *Pinus silvestris* sichtbar gemacht wird. Das geschilderte Structurverhältniss finde ich hier, wie auch in dem Frühlingsholze, besonders auch nach Anwendung von Aetzkalilösung überall so scharf und deutlich ausgesprochen, dass es eigentlich Wunder nehmen muss, wie man dasselbe, wenn man anders gute, genau senkrecht zur Längsachse der Zelle geführte Querschnitte zur Hand hat, nicht erkennen kann, wie das, seinen wiederholten Behauptungen gemäss, bei Dr. Sanio der Fall ist. Auch das Anwachsen der mittleren, weichen Schicht wird hier so zu sagen greifbar. Dieselbe nimmt z. B. nach meinen, an acht auf einanderfolgenden Zellenreihen, in der Mitte der peripherischen Hüllstücken aus-

geführten Messungen, in folgenden Verhältnissen zu: 1. Zelle: unmessbar feine Linie, 2. Zelle 0,8 Mikr., 3. Zelle: 1,4 Mikr., 4. Zelle: 2,36 Mikr., 5. Zelle: 4,0 Mikr., 6. Zelle: 5,4 Mikr., 7. Zelle: 6,07 Mikr., 8. Zelle: 7,57 Mikr.

Bei der nun in dem Holze eintretenden chemischen Umbildung resp. der Verholzung der einzelnen Hüllschichten, halten diese verschiedenen Schritt. Durchgängig verfällt, wie das natürlich ist, die primäre Zellhülle zuerst diesem Vorgange, dessen Eintreten sich schon an dem optischen Verhalten frischer, d. h. nicht mittelst Reagenzien behandelter Schnitte durch das stärker werdende Lichtbrechungsvermögen erkennen, besonders aber durch die Anwendung von Chlorzinkjodlösung oder von Jod und Schwefelsäure nachweisen lässt. Im Frühlingsholze zeigt sich die beginnende Verholzung etwa in der dritten bis vierten, hie und da auch in noch weiter nach innen gelegenen Zellen der in Verdickung begriffenen radialen Zellreihen (Fig. 29). In dem mittleren Theile der Jahresringe beginnt, nach meinen Erfahrungen, dieser Prozess in seltenern Fällen schon mit, meistens erst kurze Zeit nach der Anlage der secundären Zellhülle und dann immer in der nächstälteren oder zweiten Zelle derselben radialen Reihe (Fig. 30). Verschiedener noch gestaltet sich die Folge der Verholzung in dem Herbstholze. Während ich in einer Reihe aus diesem entnommener Präparate die Verholzung der primären Zellhülle mit Beginn, in einzelnen Fällen sogar erst nach Beginn der Verdickung eintreten sah, sah ich sie bei anderen, dann auch in den äussern Schichten rasch verholzenden, schon, wie auch Dr. Sanio angibt, an kurz vorher zu dem Holze übergetretenen jungen Zellen (Fig. 32). Der Umbildungsprocess verläuft dabei ganz in der von Dr. Sanio a. O. geschilderten Weise, in den Ecken beginnend und sich von da aus zunächst auf die radiale, dann auf die peripherischen Hüllstücke verbreitend. In Bezug auf die letzteren fand ich sogar, dass, wenn die beiden Hüllstücke der Nachbarzellen durch die aus dem Cambium herübergetretene Zwischenmasse noch getrennt waren — was hie und da vorkommt — dasjenige der älteren Zelle schon verholzt war, während jenes der jüngeren noch keine nachweisbare Umbildung erlitten hatte. Für das Studium der allmäligen Verholzung der mittleren weichen Schicht der secundären Zellhülle sind namentlich Querschnitte aus dem mittleren und äusseren Theile des Jahresringes recht geeignet. Selten nimmt man, wie dies bei sehr rasch verholzendem Herbstholze so schön zu beobachten ist (Fig. 32), und zwar in Folge des verschiedenen Lichtbrechungsvermögens den Fortschritt der Verholzung in den verschiedenen Theilen dieser Schicht schon an frischen Querschnitten wahr. Aber die Kaliwirkung lässt hier, wie in dem Frühlingsholze, sofort erkennen, dass die Verholzung etwa von der zweiten oder dritten der in Verdickung begriffenen Zellen an beginnt und bei weiterem Dickenwachsthum der betreffenden

Schicht ganz allmälig von den äusseren Theilen nach den inneren vorschreitet (Fig. 29). Bei der ziemlich starken Quellung, durch welche die innerste, stärker lichtbrechende Schicht zur Einfaltung gebracht wird, werden nämlich die an diese grenzenden Theile der mittleren Schicht stärker ergriffen und nehmen ein dunkleres Aussehen an, als die äusseren, welche in Folge der eingetretenen Verholzung eine geringere Menge der die Quellung hervorrufenden Flüssigkeit zwischen ihre Moleküle aufgenommen haben. Noch überzeugender werden die durch Aetzkalilösung erlangten Resultate, wenn man auf derart behandelte Präparate Chlorzinkjodlösung oder Jod und Schwefelsäure wirken lässt (Fig. 30 u. 31). Bei Anwendung der ersteren färben sich die im Anfange der Verholzung begriffenen äusseren Hülltheile kaum merkbar hellviolett, während die inneren, gleichwie die in der Entstehung begriffene Schicht, röthlich violett werden. Später, d. h. bei älteren Zellen tritt in den äusseren Theilen eine röthlichgelbe Färbung ein (Fig. 30 unten), welche sich je nach dem Fortschreiten der Verholzung nach und nach über die ganze Mittelschicht ausbreitet.

Unter Jod und Schwefelsäure färben sich die in Verholzung begriffenen äusseren Theile zuerst, d. h. bei jüngeren Zellen blassblau bis weisslichblau, dann je nach dem Alter der peripherischen Zellenreihen fortschreitend grünlich, grünlichgelb und gelb, während die unverholzten Theile tief blau erscheinen (Fig. 31).

Die innerste Schicht der secundären Zellhülle widersteht der Verholzung am längsten. Erst dann, wenn das Wachsthum der mittleren Schicht vollendet und deren Verholzung nahezu durch deren ganze Masse fortgeschritten ist, beginnt sich jene, nach Behandlung mit den genannten Reagenzien, etwa in demselben Tone gelb zu färben, wie die primäre Zellhülle (Fig. 31).

Ich will hier noch auf ein Verhältniss aufmerksam machen, welches namentlich nach dem Beginn der Verholzung oft sehr scharf hervortritt. In einzelnen Theilen des Holzgewebes sieht man, oft bei allen, oft bei einzelnen Zellen, die mittlere Schicht der secundären Zellhülle, entweder vorzugsweise in den Ecken, wo sie sich abgerundet hat, oder auch in dem ganzen Umfange deutlich von der primären Zellhülle getrennt, während ihr Zusammenhang mit der innersten Schicht durchaus unberührt bleibt (Fig. 28, 30 u. 32). Es mag in diesem Verhalten im Zusammenhalte mit der Entstehungsweise ein neuer Beweis dafür gefunden werden, dass die secundäre Zellhülle nicht einen differenzirten, sondern einen neu gebildeten, in sich individualisirten Theil der Gesammtzellhülle bildet.

An die Entwicklung der secundären Verdickung von *Pinus silvestris* schliesst sich unmittelbar diejenige von schwach verdickten Parenchymzellen an, welche nur **eine** secundäre Zell-

hüllgeneration bilden. Bei dem Blüthenschafte der Irisarten z. B. beobachtet man in ganz jungem Zustande in dem Grundparenchym nur unverdickte, von der primären Zellhülle umkleidete Zellen (Fig. 33). In älteren Blüthenschaften dagegen besteht das gesammte Grundparenchym aus Zellen mit einer secundären Zellhülle, deren weiche, wasserreiche Schicht zwar nur eine sehr geringe Breite besitzt, dennoch aber mit Sicherheit erkannt werden kann (Fig. 34). Nach Einwirkung von Aetzkalilösung quillt diese Schicht bedeutend (Fig. 35) und es wird auf diese Weise der Bau der Gesammthülle auf das Klarste zur Anschauung gebracht. Aehnlich verhalten sich die Parenchymzellen in den Blattstielen der Cycaden und in dem Marke mancher Laubhölzer. Ein schönes Beispiel liefern z. B. die Markzellen des Gummi-Guttistrauches, *Xanthochymus tinctorius* (Roxb). In ganz jungen Stengeltrieben sind dieselben nur von der primären Zellhülle umschlossen (Fig. 36), während in älteren und ganz alten Internodien innerhalb dieser durchgängig (sehr selten finden Ausnahmen statt) noch eine secundäre Zellhüllgeneration auftritt (Fig. 37). Diese besitzt hier anfänglich eine nur geringe Breite, wächst aber zu einer etwas grösseren Breite heran, so dass sie einen messbaren dunklen Ringstreifen bildet.

Einwirkung von Aetzkalilösung bringt auch hier die fragliche Schicht zu ansehnlicher Quellung, während primäre Hülle und innerste secundäre Schicht ihr Dickenausmaass, nicht oder wenigstens doch nicht in messbarem Umfange, ändern (Fig. 38).

Für den Verfolg der Entwicklungsgeschichte der secundären Verdickung mehrfach geschichteter Zellhüllen bieten namentlich die holzigen Clematisarten in ihrem Markgewebe und den primären Bastfaserbündeln ein sehr günstiges Material, da sich — soweit meine augenblickliche Erfahrung reicht — an ihnen, wie bei keinem anderen Objecte, die einzelnen aufeinanderfolgenden Vorgänge auseinanderlegen.

In dem Marke des Stengels von *Clematis vitalba* lassen sich an recht gelungenen Querschnitten — und hier sind eben nur die zartesten Stellen feiner und senkrecht zur Längsachse geführter Schnitte für den Sachverhalt völlig entscheidend — folgende Thatsachen der Entwicklungsgeschichte feststellen.

So lange die Stengelglieder noch im Längenwachsthum, sonach in der Streckung der Zellen begriffen sind, findet man auf Querschnitten durch das Markgewebe, dessen Zellen nur von der primären Zellhülle umgeben (Fig. 39). In jüngeren Stengelgliedern lässt dieselbe noch reine Zellstoffreaction beobachten, während sie sich in älteren, in denen das Längenwachsthum eben vollendet wurde und welche dem Beginne der Verdickung nahe stehen, als schon verholzt zu erkennen gibt. Greift man nun mit den Querschnitten um ein Stengelglied tiefer, gleichviel, ob dieselben an dem oberen oder unteren Ende entnommen werden, so giebt sich die beginnende

Verdickung darin kund, dass auf durchschnittenen Querscheidewänden zwar flache, aber doch leicht erkennbare runde bis länglichrunde Poren auftreten und sich innerhalb der primären Zellhülle eine weitere Hüllschicht gebildet hat, welche von ihr durch eine äusserst zarte, oft kaum erkennbare dunkle Linie getrennt erscheint und mit ihr etwa gleiches Lichtbrechungsvermögen theilt (Fig. 40). In diesem jüngsten Zustande lässt sich von vornherein nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob die mittlere Schicht schon vorhanden ist. Wendet man aber Aetzkalilösung an, so beweist dieses durch ein jetzt schon an deren Stelle eintretendes, wenn auch geringes Quellen deren Vorhandensein. An anderen Präparaten tritt die anfänglich unmessbar feine dunkle Trennungslinie in Gestalt eines minder lichtbrechenden Ringstreifens auf. Untersucht man nun eine grössere Anzahl von Querschnitten aus verschiedenen, aber derselben Entwicklungsperiode angehörigen Stengelgliedern, so gewahrt man, dass der weniger lichtbrechende Ringstreifen bald eine geringere, bald eine grössere, niemals aber diejenige der innersten stärker lichtbrechenden Schicht überschreitende Breite besitzt. Unter Einwirkung von Aetzkalilösung quillt der Ringstreifen, und zwar etwa in dem Verhältnisse, als er an frischen Schnitten schmäler oder breiter beobachtet wurde (Fig. 41). Er wird somit leicht als die weichere, wasserreichere secundäre Hüllschicht kenntlich, welche wie bei der Kiefer, wenn auch im Ganzen nur um weniges, in die Dicke gewachsen ist.

Damit erscheint die erste Entwicklungsperiode in der Verdickung der Zellhülle abgeschlossen und es ist die erste secundäre Zellhüllgeneration ausgebildet.

Bezüglich des chemischen Verhaltens zeigt die Anwendung von Chlorzinkjodlösung, dass sowohl die äussere weiche, wie die innere dichte Schicht der secundären Zellhülle rasch verholzen. Ueber die Folge der Verholzung in der mittleren Schicht gibt dieses Reagenz, obgleich dieselbe nach mehrtägiger Behandlung damit ziemlich stark und dauernd aufquillt, keine ganz genügende Aufschlüsse. Die Färbung erscheint hier nämlich an Querschnitten aus verschiedenen Stengelgliedern, während sich die primäre Zelle hellgelb, die innerste Schicht (»tertiäre Membran«), je nachdem sie noch nicht oder bereits verholzt ist, hellblauviolett oder hellgelb färbt, ziemlich gleichmässig schmutzig braun- bis rothviolett. Dagegen erhält man in dieser Richtung durch Anwendung concentrirter Schwefelsäure gute Aufschlüsse. Diese bewirkt nämlich in der weicheren Schicht, vor deren Lösung ein äusserst starkes, die inneren Theile mehr, als die äusseren ergreifendes Quellen. Lässt man dieses nun bis zu einem gewissen Punkte fortschreiten und senkt dann das Präparat rasch in eine grosse Menge destillirten Wassers, so zeigen sich Verhältnisse, wie sie in der Figur 42 dargestellt sind. Die äussere Schicht der secundären Zellhülle zieht sich nämlich unter gleichzeitiger scharfer Abgrenzung von der inneren

wieder auf einen etwas kleineren Raum zusammen und erscheint in ihren äusseren Theilen stärker lichtbrechend, als in ihren an die innere Schicht angrenzenden. Färbung derartig behandelten Schnitt mit Jodjodkaliumlösung, oder hinreichende Durchtränkung frischer Schnitte mit diesem Reagenz und darauf folgende Anwendung wenig verdünnter Schwefelsäure lässt, wenn man die Concentration der Säure richtig getroffen hat, die primäre Zellhülle hochgelb, die äusseren Theile der weichen Schicht grünlich, die inneren sattblau, die innerste secundäre Schicht (sog. »tertiäre Membran«) hellblau gefärbt erscheinen. Ein Vergleich verschiedener Querschnitte gibt zu erkennen, dass bei vollständig abgelaufenem Verholzungsprocesse der beschriebene Unterschied in der Quellungsfähigkeit in den verschiedenen Theilen der mittleren weichen Schicht nicht mehr besteht. Diese färbt sich jetzt durch ihre ganze Masse gelbgrün, die innerste Schicht hellgelb.

Rückt man jetzt mit den Querschnitten um ein weiteres Stengelglied abwärts, so zeigt sich in den äusseren und mittleren Zonen des Markes (der innere, später der Auflösung anheimfallende Theil bleibt in der Regel auf der vorigen Entwicklungsstufe stehen) die Anlage der zweiten secundären Hüllgeneration. Die einzelnen Stufen dieser Entwicklungsperiode kann man leicht an Querschnitten von verschiedenen Stengelgliedern, oft aber auch auf demselben Querschnitte verfolgen. Das Entstehen dieser zweiten Generation gibt sich in dem Auftreten einer schmalen, durch eine zarte dunkle Linie von der vorigen Generation getrennte, stärker lichtbrechende Schicht zu erkennen (Fig. 43 1). Oft ist hierbei die weiche, schwächer lichtbrechende Schicht so wenig entwickelt, dass die innersten Schichten der ersten und zweiten secundären Hüllgeneration, an etwas gröberen Schnitten und bei schwächerer Vergrösserung, scheinbar ein einziges Ganzes ausmachen und somit ein in die Breite wachsen, jener vorzuliegen scheint. Scharfe Objective zeigen aber immer die Trennung und es lässt sich diese namentlich auch dann leicht erkennen, wenn in Folge der Präparation die zweite secundäre Hülle von der ersten auf eine Strecke weit losgetrennt erscheint (Fig. 43 *x*). Aetzkalilösung bewirkt in der weicheren Schicht wiederum ein mehr oder minder starkes Quellen und lässt auf diese Weise die Trennung ganz unzweifelhaft erscheinen. Weiter fortgeschrittene Entwicklungszustände zeigen die weichere Schicht als minder lichtbrechenden Ringstreifen (Fig. 43 2) und die Anwendung von Aetzkalilösung liefert jetzt so instructive Bilder, wie das in der Figur 44 dargestellte.

Hinreichend dünnen Querschnitte mit Jodjodkaliumlösung durchtränkt und hierauf, wie oben geschildert, mit wenig verdünnter Schwefelsäure behandelt, zeigen die weichen Schichten der beiden secundären Zellhüllgenerationen stark gequollen und diejenige der jüngsten in gleicher Weise gefärbt, wie oben schon von jener der ersten angegeben wurde (Fig. 45). Während

also die erste Generation in allen ihren Bestandtheilen vollständig verholzt erscheint, schreitet die chemische Umbildung in der zweiten in der bekannten Weise fort.

In ganz gleicher Weise wie in dem Voranstehenden dargestellt, verläuft in je älteren Stengelgliedern die Entwicklung der dritten, vierten, fünften secundären Zellhüllgeneration (Fig. 46—48). Hier treten aber insofern Unregelmässigkeiten ein, als einmal in den inneren Theilen der mittleren Zone des Markes eine meist nicht grosse Zahl von Zellen in der Entwicklung stehen bleibt, zum anderen sich aber hie und da einmal eine Zelle findet, die eine Zellhüllgeneration mehr gebildet hat, als die übrigen. Von der sechsten Generation ab treten diese Erscheinungen häufiger auf, indem sich die Zellen oft ungleichmässig verdicken, so dass in älteren Stengelgliedern dann neben Zellen mit 8—10 Hüllgenerationen solche mit nur 4—6 auftreten.

Aehnlich wie in dem Marke geht auch die Verdickung in den Zellen der primären Bastfaserbündel vor sich. Indessen schreitet hier die Entwicklung, welche in demselben Stengelgliede beginnt, wie diejenige der Markzellen, nicht in der raschen Folge fort wie bei diesen, denn häufig findet man in Internodien, deren Markzellen schon 2 und 3 secundäre Zellhüllen gebildet haben, noch sämmtliche Bastfasern mit nur einer secundären Zellhülle. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass sich in den Zellen des primären Bastbündels die äussere weichere Schicht der secundären Zellhülle schon von vornherein in bedeutenderer Mächtigkeit entwickelt und später stärker verdickt, als in den Markzellen (Fig. 50). Ich habe die Entwicklung hier bis zur zweiten Generation der secundären Zellhüllen, die, weil sich schon frühzeitig die primären Korkplatten einschieben, wohl nur selten überschritten wird, verfolgt, und begnüge mich damit die betreffenden Entwicklungsfolgen u. s. w. in den Figuren 49—52 wiederzugeben.

Den eben betrachteten mehrschichtigen Verdickungsformen von Parenchym- und Bastzellen, schliessen sich auch manche Holzfasern an. Da aber in dem betreffenden Gewebe die Zellbildung in anderer Folge vor sich geht, als in dem Marke und dem primären Bastfaserbündel und demgemäss die Zellen von dem Cambium aus nach innen hin stetig an Alter zunehmen, so muss die Entwicklungsweise der Verdickung natürlich auch eine andere, der von *Pinus silvestris* in gewissem Sinne sich anschliessende, sein.

Bei *Clematis vitalba*, deren Holzfasern in älterem Holze in der Regel drei secundäre Hüllgenerationen zeigen, vollzieht sich die Entstehung dieser folgendermassen: Nach innen von dem Cambium treten auf dem Querschnitt in der Regel ein oder zwei, hie und da wohl auch mehr in radialer Dehnung begriffene, blos von der primären Zellhülle eingeschlossene, junge Holzzellen auf. Dann folgt die Anlagerung der ersten secundären Zellhülle in der Weise,

wie es bei *Pinus silvestris*, bei den Markzellen von *Clematis vitalba* u. s. w. fesgestellt wurde.

In den nächsten zwei bis drei, weiter nach innen gelegenen, pheripherischen Zellreihen erhält sich dieses Verhältniss bei gleichzeitig fortschreitendem, nur sehr geringem Dickenwachsthum der weichen Schicht (Fig. 53 *b*). Dann treten in den folgenden 2—4 Zellenreihen zwei und noch weiter nach innen drei deutlich sichtbare secundäre Zellhüllen auf, womit die Gesammtverdickung mit wenigen Ausnahmen vollendet erscheint (Fig. 53 *c* u. *d*).

Ein gleicher Entwicklungsgang lässt sich bei den Holzfasern von *Xantochymus tinctorius* erkennen, wobei auch die allmälige Verholzung in den weichen Schichten der secundären Zellhüllen, die hier in etwas grösserer Breite auftreten als bei *Clematis*, leicht zu verfolgen ist. (Fig. 54).

Suchen wir nun aus den an mehreren Zellformen dargelegten entwicklungs-geschichtlichen Thatsachen die Schlüsse zu ziehen, welche für das Wachsthum der Zellhülle und die Entstehung der Schichtung eine zutreffende Erklärung zu gewähren im Stande sind, so wird sich diese Aufgabe am leichtesten bei *Pinus* lösen lassen, da hier die Structur-Verhältnisse am einfachsten und klarsten zu Tage treten.

Wir beobachteten hier drei in ihrem Lichtbrechungsvermögen von einander unterschiedene Schichten der Gesammtzellhülle: eine äussere, stärker, eine mittlere, schwächer und endlich eine innerste wiederum stärker brechende. Dieses verschiedene Lichtbrechungsvermögen der drei bezeichneten Schichten ist, wie von Nägeli erkannt wurde, in dem verschiedenen Wassergehalte derselben begründet. Wir haben sonach in der ersten und der dritten je die wasserärmere oder dichtere, in der zweiten die wasserreichere, weichere Schicht zu erkennen. Es fragt sich nun ob die Entstehung dieser drei Schichten aus dem ununterbrochenen Wachsthum der erstentstandenen und einer in dieser sich nachträglich vollziehenden Spaltung in einen mittleren weicheren d. h. wasserreicheren und zwei diesen begrenzenden dichteren, d. h. wasserärmeren Streifen erklärt werden kann, oder ob eine andere Entstehungsweise aus der Entwicklungsgeschichte abgeleitet werden muss?

Wir fanden nun, dass die zuerst in den jungen Holz- und Bastzellen auftretende, homogene und stark lichtbrechende Hülle während ihrer in Folge des Zellenwachsthumes im ganzen Umfange erfolgenden Ausdehnung an Dicke um weniges zunimmt, oder sich doch mindestens gleich bleibt. In beiden Fällen muss sie ein Dickenwachsthum geäussert haben und wir dürfen unbedenklich schliessen, dass sich dieses durch Einlagerung neuer, ähnlicher Zellstoffmoleküle zwischen die bereits vorhandenen, also durch Intussuception vollzogen hat. Sie erreicht aber endlich ein Ausmaass,

welches im Laufe der weiteren Zellhüllentwicklung nicht mehr überschritten wird, wie dies durch Messungen sofort constatirt werden kann. Später treffen wir innerhalb derselben eine, anfänglich durch eine höchst zarte Linie, nur in den Ecken der Zellen durch etwas ausgedehntere, leichter sichtbare Zwischenräume von ihr getrennte, zarte, gleichfalls stark lichtbrechende Hüllschicht entstanden und erkennen zugleich, namentlich aus der Wirkung der Aetzkalilösung, dass der Zwischenraum zwischen den beiden Schichten nicht etwa leer, sondern jetzt schon mit einer weichen auf Zellstoff reagirenden Masse erfüllt ist. Wäre nun die innerste stärker lichtbrechende, also dichte Schicht durch Spaltung der ersten entsanden, so müsste diese, erstlich im Laufe der Entwicklung einmal, eine der Breite der beiden Schichten wenigstens nahezu gleiche Breite erlangt haben und dann, müsste die innere dichte Schicht ein ihr gleiches optisches und chemisches Verhalten zeigen. Beides ist aber nicht der Fall. Auf keiner Entwicklungsstufe der zahlreichen Präparate, welche mir vorgelegen haben und von denen mir heute noch manche aufbewahrten zum Vergleiche zur Verfügung stehen, hat die primäre Zellhülle vor dem Auftreten der inneren secundären Schicht eine messbar grössere Breite erreicht, als sie in ausgebildeten Holzfasern besitzt. Die Innenschicht äussert ferner bei ihrem ersten Auftreten kaum einen sichtbaren Einfluss auf das polarisirte Licht, während die primäre Zellhülle schon zu dieser Zeit stark aufglänzt. Erst etwa in der dritten bis vierten Zellenreihe weiter nach innen beginnt jene sichtbar aufzuleuchten und es verstärkt sich dieses Verhalten nach und nach in dem Maasse, als man zu älteren Zellen übergeht. Chemisch ist das Verhalten zwar in dem Frühlingsholze und in dem mittleren Theile des Jahresringes, anfänglich dem der primären Zellhülle annähernd gleich, ändert sich aber mit dem Auftreten der Verholzung wesentlich. In dem äusseren Theile des Jahresringes tritt jedoch ein wesentlicher Unterschied ein, indem die primäre Zellhülle schon vollständig verholzt erscheint, ehe oder wenn die innere Schicht zur Entwicklung gelangt. Wir dürfen demgemäss annehmen, dass die erst beobachtete Hüllschicht vollständig ausgebildet und individualisirt ist, ehe die andere entsteht, dass dieselbe daher als gesonderter Theil der Gesammtzellhülle betrachtet werden muss, dem mit Recht die Bezeichnung primäre Zellhülle gebührt. Dafür spricht auch noch weiter der Umstand, dass die mittlere weiche Schicht da, wo sie an die erste angrenzt, sich leicht und oft schon während des Entwicklungsganges von selbst von dieser trennt, während sie mit der dritten Schicht in Zusammenhang bleibt. Diese mittlere weiche Schicht und die mit ihr in organischer Verbindung stehende innere Schicht haben wir zusammen als secundäre Zellhülle zu betrachten.

Die mittlere weiche, d. h. die äussere Schicht der secundären Zellhülle anfänglich in äusserst geringer Mächtigkeit vorhanden, nimmt, wie wir weiter oben gesehen haben, bis zu ihrer

Vollendung im Frühlingsholze allerdings nicht sehr erheblich, im Herbstholze aber in hohem Maasse an Dicke zu und das bezügliche Wachsthum kann ebenso wie deren Entstehung, da sie von dem lebendigen Zellenleib durch die innere dichte Schicht getrennt ist, nur in zweierlei Weise erklärt werden. Entweder es entsteht dieselbe nach Anlage der innersten Schicht durch Einschiebung von, durch die letztere hindurch gegangenen, wasserreicheren Zellstoffmoleküle zwischen die beiden stärker lichtbrechenden Schichten und es erfolgt deren Wachsthum durch fernere Einlagerung von gleichartigen Zellstoffmoleküle zwischen die bereits vorhandenen. Oder es spalten sich, da eine periodische wiederholte Spaltung durch die Beobachtung ausgeschlossen wird, von der innersten dichten Schicht ununterbrochen und in dem Maasse, als von dem Protoplosma aus wasserärmere Zellstoffmoleküle in sie eingelagert werden, nach Aussen hin wasserreichere Zellstoffmoleküle ab, welche Entstehen und Wachsen der mittleren weichen Schicht bedingen. In beiden Fällen aber haben wir die innere dichte Schicht als die zuerst entstandene, die weichere als die später gebildete zu betrachten.

Gegen die von mir angegebene Entstehungsfolge der beiden differenten Schichten der secundären Zellhülle hat Dr. Sanio einige Einwände erhoben (Flora 1874, Nr. 35 und 1875 Nr. 20). Der eine ist, da er eben nur constatirt, dass Sanio das in Wirklichkeit vorhandene Structurverhältniss bis jetzt noch nicht erkannt hat, also eine einfache Negation meiner durch Präparate hinlänglich zu beweisenden und von anderer Seite mehrfach controlirten Beobachtungen bildet, von keiner weiteren Bedeutung und brauche ich mich mit demselben nicht ferner zu befassen. Der andere gipfelt einestheils in der »niederschlagenden« Beobachtung von der spiraligen Streifung stark verdickter Holzzellen, anderntheils in dem endlichen Ausmaasse der sogenannten »tertiären Innenauskleidung«.

Was die spiralige Streifung angeht, auf welche ich demnächst in einer weiteren Nummer ausführlicher zu sprechen komme, so zeigt jeder gute Längsschnitt durch die stark verdickten Herbstholzzellen namentlich von der Fichte, aber auch von der Kiefer (auch bei sogenannten differenzirt verholzten Zellen), dass jene auf ungleichmässigem Wachsthum der mittleren weichen Schicht beruht, die innere dichte Schicht (tertiäre Membran) aber nirgends eine Verdickung erfährt, sondern in ihrem Verlaufe nur den Structurverhältnissen der ersteren folgt. Dass also die spiralige Streifung in früheren Entwicklungszuständen noch nicht zu beobachten ist, hat zunächst mit der Entstehungsweise der inneren Schicht gar nichts zu thun. Hätte Sanio hier richtig beobachtet, so hätte er gefunden, dass sein Reagenz zwar keinen Niederschlag erzeugen kann, dass es aber seiner weiteren Bemerkung theilweise die Spitze abbricht. Die Verkleinerung der Oberfläche der inneren Schicht der secundären Zellhülle ist so bedeutend nicht,

wie dies Sanio glauben machen möchte. Bekanntlich steht dieselbe (wenn wir der Einfachheit halber die »Innenauskleidung« als Hohlcylinder betrachten), da die Höhe als annähernd gleich angenommen werden darf, im Verhältnisse der Radien oder der Durchmesser. Nun finde ich dieses Verhältniss bei einer ziemlich gleichmässig sechsseitigen, stark verdickten Herbstholzzelle der Kiefer = 5:3, bei einer sehr stark verdickten Buchenholzzelle = 3:1. Die Oberfläche der inneren Schicht würde also in dem einen Falle $^3/_5$, in dem andern $^1/_3$ des ursprünglichen Inhaltes betragen. Das scheint allerdings so geradehin betrachtet eine ansehnliche Differenz. Nun wird die Innenschicht im Laufe der Entwicklung zum ersten, wie die Wirkung auf das polarisirte Licht zeigt, ziemlich dichter und zum anderen hat sie sich den Verdickungsformen anzuschmiegen; sie folgt dei der Fichte, Kiefer u. s. w. den spiraligen Streifen und erscheint dabei mehr oder minder tief gefaltet, sie zieht sich in die Porenkanäle hinein u. s. f. Das erste Verhalten bedingt nun ganz unzweifelhaft eine nach und nach erfolgende Verringerung des ursprünglichen Oberflächeninhaltes. Die innere Schicht wird dadurch geschickt gemacht, einen in Folge des Anwachsens der mittleren Schicht kleiner gewordenen Hohlraum auszukleiden. Das andere Verhältniss verlangt ein grösseres Oberflächenausmaass, als das ist, welches man einfach aus dem Durchmesser des Hohlraumes berechnet, d. h. die Oberfläche der inneren Schicht verkleinert sich bei spiralig gestreiften, bei porösen Zellen (und eine oder beide Verdickungsformen finden sich bei allen verdickten Zellen) nicht in dem Maasse, als man es einfach aus dem sich verkleinernden Durchmesser desselben erschliesst. Man ersieht hieraus, dass unter dem Einflusse der beiden erwähnten Umstände die Verkleinerung der Innenschicht keineswegs den oben mitgetheilten Verhältnisszahlen gemäss erfolgt und dass bei derselben das Maass der Möglichkeit nicht überschritten zu werden braucht.

Die gleiche Erklärung wie für die Entstehung der Verdickung von *Pinus silvestris* lässt sich auf diejenige der Grundparenchymzellen der Irisarten, der Markzellen von *Xantochymus* und anderer verdickter Parenchymzellen mit nur einer secundären Zellhülle anwenden und von ihnen aus ist dann der Uebergang zu den mehrfach geschichteten Markzellen von *Climatis vitalba* u. s. w. leicht und ungezwungen vollziehbar.

Die ganze von letzteren vorliegende Entwicklungsreihe lässt es als unzweifelhaft erscheinen, dass die einzelnen sich nach innen folgenden Doppelschichten nichts anderes sind, als nach der Individualisirung der primären Zellhülle entstandene secundäre Zellhüllgenerationen, von denen jede einzelne der bei *Pinus*, *Iris* etc. vorhandenen einzigen entspricht, und ganz in der Weise sich entwickelt hat, wie es für die genannten aus den Thatsachen erschlossen worden ist.

Der Vorgang, wie er bei *Pinus* stattfindet, wiederholt sich öfter. An die Stelle des ununterbrochen fortdauernden Wachsthums der einmal angelegten secundären Zellhülle durch Einlagerung, tritt hier eine Unterbrechung des nur kurze Zeit dauernden Dickenwachsthums der einzelnen Generation und es wird die weitere Verdickung der Gesammtzellhülle durch wiederholte Neubildung mit folgendem beschränktem Dickenwachsthum vollzogen.

Wir ersehen aus alledem, dass sowohl die ältere Appositionstheorie, als auch die neuere Intussusceptionstheorie einer Abänderung und Beschränkung bedürftig sind, und gelangen kurz zusammenfassend zu folgender Erklärung der Schichtung und des Wachsthums der Zellhülle:

1. Die primäre Zellhülle entsteht selbstständig und bildet sich zu einem organisch abgeschlossenen Theil der Gesammtzellhülle aus.

2. Die Verdickung erfolgt durch gleichfalls selbstständige Entwicklung, d. h. durch Neubildung secundärer Zellhüllgenerationen, welche aus einer äusseren weichen und einer inneren dichten Schicht bestehen und von denen jede einzelne durch Einlagerung zu ihrer endlichen Stärke heranwächst. Es sind bei derselben sonach zwei Vorgänge: Appostion (wenn man die Neubildung so nennen will) und Intussusception betheiligt.

3. Je nachdem diese Neubildung nur einmal stattfindet (*Pinus* u. s. w.) oder sich in periodischer Folge öfter wiederholt (*Clematis* u. s. w.) lassen sich in der Verdickungsmasse der betreffenden Zellen nur zwei durch ihr Lichtbrechungsvermögen unterschiedene Schichten, eine äussere weichere, die früher als »secundäre« Zellhülle bezeichnete, und eine innere, die sogenannte »tertiäre« Zellhülle, unterscheiden, oder es besteht dieselbe aus einer mehr oder minder grossen Anzahl von Doppelschichten, sie ist mehrschichtig.

Es erübrigt nun zum Schlusse noch die zur Zeit allgemein als durchschlagend anerkannten Einwürfe zu prüfen, welche von Hofmeister (die Lehre von der Pflanzenzelle Seite 192 u. f.) gegen die Appositionstheorie erhoben worden sind und die in gewissem Umfange auch der voranstehenden Darstellung entgegenstehen.

Die geschichteten Parenchymzellen von *Hoya carnosa*, welche übrigens für die Entscheidung der vorliegenden Fragen kein günstiges Object bilden, da ihre Flächen nahezu sphärisch sind und man es nicht in der Gewalt hat, wie das so durchaus nothwendig ist, gerade Durchschnitte der Zellen mit Ausschluss der Deckwände zu erhalten, habe ich sowohl in dem Marke, als in der Rinde junger Triebe untersucht. Ich fand da auch das eine von Hofmeister angegebene Verhalten bestätigt, dass neben Zellen mit mehrfach geschichteten, solche

mit einfacher, denjenigen der Holzzellen von *Pinus* ähnlich gebauten Hüllen vorkommen. An diesen Zellhüllen unterscheidet man aber immer drei Lagen, je eine äussere und innere sich in die Porencanäle hineinziehende (Fig. 55 *g*, *h*), stärker lichtbrechende, dichtere und eine mittlere, minder lichtbrechende, mithin weichere. Dieses Structurverhältniss zeigen Zellen mit verschiedener Dicke der Zellhülle in jüngeren, wie in älteren Stengelgliedern; und daraus scheint mir hervorzugehen, dass dasselbe, wo es einmal in einer Zelle vorhanden ist, auch ferner so verbleibt. Wollte man nun annehmen, es hätten sich aus diesen Zellen junger Stengelglieder später mehrfach geschichtete Zellen durch Spaltung der mittleren Schicht entwickelt, so müssten sich in diesem Falle in der wasserreichen Zellstoffmodification wasserärmere Schichten durch nachträgliche Differenzirung herausgebildet haben. Nun wird aber von Hofmeister in Uebereinstimmung mit Nägeli überall angenommen, dass sich aus den wasserärmeren Schichten durch Differenzirung wasserreiche Schichten ausspalten. Das vorliegende Object lässt sich also unter der gemachten Voraussetzung nicht wohl für die Nägeli'sche Theorie des Wachsthums verwerthen. Die andere Angabe, dass wo Schichten auftreten, sofort fünf und nicht weniger vorhanden seien, fand ich dagegen keineswegs bestätigt. An guten Quer- und Längsschnitten durch die betreffenden Zellen des Markes, die hier allerdings schwer zu erhalten sind, aber keineswegs durch »optische Querschnitte« der Zellen dicker Schnitte ersetzt werden können, finde ich Zellen mit nur einer, mit 2, 3 und 4 secundären Zellhüllgenerationen (Fig. 55 *a—f*), nach der Hofmeister'schen Auffassung also mit 3, 5, 7 und 9 Schichten. Diese markiren sich allerdings nicht so scharf, wie bei *Clematis*, allein sie sind doch zu erkennen und namentlich leicht durch die Quellung in Aetzkalilösung nachzuweisen. Ein ganz gleiches Verhalten zeigen auch andere geschichtete Parenchymzellen, wo dieselben in verschieden weit fortgeschrittenen Entwicklungszuständen der Verdickung dicht neben einander vorkommen. Nur dass hier in Folge eines grösseren Unterschiedes in dem Wassergehalte der beiden Schichten diese weit deutlicher hervortreten (Fig. 56 u. 57). Hier mag noch erwähnt werden, dass die dichte Schicht der jüngsten Zellhüllgeneration meist etwas breiter und stärker glänzend erscheint, als diejenigen der älteren. Dies ist aber offenbar eine in optischen Verhältnissen und nicht in der Structur begründete Erscheinung. Denn wenn die Schichten durch die Präparation von einander getrennt und aus einander gezerrt werden, so zeigt sich das gleiche Verhältniss bei jeder an grössere, freie Räume angrenzenden Schichtengruppe.

Was die Ausmaasse verschieden, stark verdickter derartiger Parenchymzellen betrifft, so fand ich für dieselben in der Mitte der Seitenwände und von der Mitte der sogenannten Mittel-

lamelle, d. h. der scheinbar, homogenen, gemeinschaftlichen primären Zellhülle aus gemessen, folgende Grössen:

1) *Hoya carnosa* Mark:

a.	mit 1	sec.	Hülle	1,66 Mikr.
b.	» 2	»	»	2,70 »
c.	» 3	»	»	3,50 »
d.	» 4	»	»	5,00 »
e.	» 5	»	»	6,20 »

2) *Urania guyanensis*. Grundparenchym des Stammes.

a.	mit 1	sec.	Hülle	1,90 Mikr.
b.	» 2	»	»	3,75 »
c.	» 3	»	»	5,40 »
d.	» 4	»	»	7,90 »
e.	» 8	»	»	16,6 »

3) *Lycopodium sp. mex.* verdickte Scheidezellen.

a.	mit 1	sec.	Hülle	1,85 Mikr.
b.	» 2	»	»	3,43 »
c.	» 3	»	»	4,70 »
d.	» 4	»	»	6,25 »
e.	» 5	»	»	7,55 »

An *Dasyclodos clavaeformis* konnte ich wegen Mangel an Material die Hofmeister'schen Angaben nicht controliren. Bei *Pinus Laricio* aber ist die Dicke der äussersten, stark lichtbrechenden Schicht, d. h. der primären Zellhülle bei den Oberhautzellen in höherem Alter noch ebenso gross, wie in jüngerem. Hätte Hofmeister hier die Entwicklung verfolgt, so würde er gefunden haben, dass sich die 5 oder 6 Doppelschichten, resp. secundäre Hüllgenerationen hier ebenso nach und nach einfinden, wie in anderen Fällen. Der Dickendurchmesser der primären Zellhülle (1,21 Mikr.) macht hier keine irgend bemerkenswerthe Ausnahme. Ausserdem lehrt die Beobachtung, dass die primäre Aussenwand der Oberhautzellen vielfach stärker ist, als die primäre Zellhülle innerer Gewebezellen.

Die Angabe bezüglich der Haarzellen von *Lavatera trimestris* konnte ich weder früher noch bei einer neuerlichst von mir selbst und von anderer Seite mittelst der Systeme *F* (ein vorzügliches neuestes Correctionssystem), wie 1 und 3 zum Eintauchen von Zeiss vorgenommenen Revision meiner Präparate bestätigen. Die stärksten Haare fand ich mit 13,5 Mikr. dicken Hüllen

und es erscheinen dieselben, wie dies in den durch die Gestaltung des Objectes bedingten optischen Verhältnissen (Brechung und Zurückwerfung) begründet ist, bis etwa zu $^2/_3$ nach dem Rande hin sehr deutlich, weiter nach aussen weniger deutlich geschichtet. Die Anzahl der Doppelschichten betrug hier 8 bis 9. Ebenso deutlich wie diese und in dem eben angedeuteten Verhältnisse fand ich aber auch Zellhüllen geschichtet, welche nur 5 bis 5,7 Mikr. maassen; und an Haarzellen mit einer Wandstärke von 3,57 Mikr. konnte ich ohne Mühe 2—3 Doppelschichten unterscheiden. An ganz jungen Haaren beobachtete ich bei einer Dicke der Zellhülle von 2,18 bis 3,60 Mikr. immer eine Doppelschicht innerhalb der primären Zellhülle und hatte dabei die mittlere weiche Schicht eine um so grössere Breite, je grösser das ganze Ausmaass war. Also auch bei den noch dünnen Zellhüllen sind bei diesem Objecte immerhin schon drei Schichten im Sinne Nägeli's und Hofmeister's, d. h. eine mittlere weiche und je eine äussere und innere dichtere Schicht vorhanden.

Ueber das auf Seite 194 besprochene Verhältniss bei *Cladophora glomerata* kann ich nicht urtheilen, da mir so starkwandige Exemplare nicht zur Hand waren. Bei *Cladophora fracta* aber fand ich Folgendes:

In der Endzelle eines dickwandigen Fadens, in dem sich diese eben getheilt hatte, sah ich den Intercellularraum von 4 Zellhüllgenerationen überspannt. Die Gesammtumhüllung zeigte somit 5 (homogene nicht differenzirte) Hüllen, und diese fand ich sowohl am Grunde, wie an den Spitzen deutlich ausgesprochen, (das Präparat hierzu ist bewahrt). Einen Ast, der eben aus einer fünffach eingeschachtelten Zelle hervorwuchs und etwa deren Länge erreicht hatte, also noch verhältnissmässig kurz war, zeigte an seinem Grunde, also bei seinem Austritt aus der Mutterzelle eine Wanddicke von 15,4 Mikr. (die grosse Dicke kommt hier von der Lockerung der Hüllen und zwar in Folge der Aufbewahrung), welche sich nach der Spitze hin rasch auf 5,8 Mikr. verjüngte, ohne dass aber auch nur eine Schicht weniger sichtbar geworden wäre. Ein anderer Ast, welcher aus einer dünnwandigen Zelle hervorwuchs, hatte sich einmal getheilt und seine Tochterzellen liessen in ihrem ganzen Umfange — also auch die Endzelle an ihrer Spitze — zwei Hüllgenerationen erkennen. Im übrigen fand ich die Zahl der Schichten, resp. der ineinandergeschachtelten Zellhüllen (und bei der Einschachtelungstheorie muss ich heute noch auf Grund vielfach beobachteter Thatsachen und trotz des Einspruchs von Strassburger stehen bleiben) immer im Verhältniss stehend zu den entsprechenden Theilungsvorgängen. Demgemäss findet bei *Cladophora fracta* und wohl ebenso bei *Cl. glomerata* überall keine Schichtenbildung im Sinne Hofmeisters statt. Was scheinbar als solche auftritt, ist nichts anderes, als die Summe einer Reihe von Zellhüllgenerationen, welche verschieden alten

Mutter- und Tochterzellen angehören und die Producte der aufeinanderfolgenden Theilungsvorgänge sind. Der Fall gehört also eigentlich gar nicht hierher und ich habe ihn nur deshalb nicht unbeobachtet lassen wollen, weil Hofmeister ein besonderes Gewicht darauf zu legen scheint.

Die Seite 15 stehende Angabe, dass die Schichten bei vielen verdickten Zellen ohne Ablenkung bis an die Porencanäle reichen, findet an feinen Schnitten (wie ich schon oben bei *Hoya carnosa* vorübergehend erwähnt habe) keine Bestätigung. Im Gegentheil zieht sich die innere dichte Schicht jeder Zellhüllgeneration überall in die Porencanäle hinein und schliesst sich an jene der vorhergehenden an (Fig. 55 *g* u. *h* u. 57). Uebrigens kann das eine wie das andere Verhalten, welches in einer späteren Nummer näher besprochen werden soll, weder etwas für noch gegen die eine oder die andere Theorie beweisen.

Darmstadt, im August 1875.

Erklärung der Abbildungen.

Bemerkung. Es bezeichnet in allen Figuren:

B. Bast.

C. Cambiumregion.

H. Holz.

pr. primäre Zellhülle.

sa. äussere Schicht der secundären Zellhülle,

si. innere Schicht der secundären Zellhülle (»tertiäre Membran«),

z. Zwischensubstanz zwischen den radialen Hüllstücken der cambialen, jungen Bast- und Holzzellen,

p. Pore.

i. Intercellularraum.

Sämmtliche Figuren sind 500 Mal vergrössert.

Pinus silvestris.

Fig. 26. Querschnitt durch das Cambium, den jungen Bast und das junge Holz eines alten Stammes zur Zeit der Entwicklung des Frühlingsholzes.

Fig. 27. Aehnliches Präparat (ohne Bastzellen) nach der Behandlung mit Aetzkalilösung (links) und dann mit Chlorzinkjodlösung (rechts).

Fig. 28. Querschnitt durch Cambium, Holz und Bast eines alten Stammes in der Periode genommen, in welcher der Uebergang des Frühlingsholzes in das Herbstholz begonnen hat. Die weiche Schicht der secundären Zellhülle hat sich bei einer Anzahl von Zellen von der primären Zellhülle getrennt bei *xx*.

Fig. 29. Gleiches Präparat nach der Behandlung mit Aetzkalilösung. M. M. Markstral.

Fig. 30. Mit Chlorzinkjodlösung behandelter Querschnitt nach mehrtägigem Liegen in derselben gezeichnet.

Fig. 31. Mit Jodjodkaliumlösung und verdünnter Schwefelsäure behandelter Querschnitt, kurze Zeit nach dem Einliegen gezeichnet.

Fig. 32. Querschnitt durch das in der Entwicklung begriffene Herbstholz eines alten Stammes. Die Verholzung beginnt sehr früh und schreitet rasch fort. Links die Reaction von Chlorzinkjodlösung nach etwa 24stündiger Einwirkung.

Bemerkung. Bei sämmtlichen Figuren, wo sie vorkommt, ist die Lostrennung der weicheren secundären Hüllschicht von der primären Zellhülle durch dunklere Schattirung angedeutet.

Iris spec.

Fig. 33. Querschnitt aus dem Grundgewebe eines noch jungen Blüthenschaftes. Die Zellen sind blos von der primären Zellhülle umkleidet und die Querwände zeigen keine Poren.

Fig. 34. Querschnittpartie aus einem Blüthenschaft während des Blühens. Innerhalb der primären Zellhülle hat sich eine secundäre Zellhülle entwickelt. Bei *a* eine Querscheidewand mit flachen Poren.

Fig. 35. Ein ähnliches Präparat nach der Einwirkung von Aetzkalilösung.

Xantochymus tinctorius.

Fig. 36—38. Den drei vorhergehenden entsprechende Querschnitte aus dem Mark und zwar 36 eines jungen, 37 und 38 eines alten Stengelgliedes.

Clematis vitalba.

Fig. 39. Querschnitt durch das Mark eines Stengelgliedes, welches eben sein Längenwachsthum vollendet hat. Es ist blos die primäre Zellhülle ausgebildet.

Fig. 40. Aehnliches Präparat aus dem nächstfolgenden Internodium mit vollständig ausgebildeter secundärer Zellhülle. Bei *aa* Querscheidewand mit flachen Poren.

Fig. 41. Ein Querschnitt nach mehrtägigem Liegen in Aetzkalilösung ausgewaschen und in Glycerin aufbewahrt.

Fig. 42. Gleiches Präparat nach dem Quellen in concentrirter Schwefelsäure rasch in destillirtes Wasser gesenkt. Im unteren Theile der Figur die nach Durchtränkung mit Jodjodkaliumlösung auftretende Färbung der primären und secundären Zellhülle.

Fig. 43—45. Den Fig. 40—42 entsprechende Querschnitte aus einem nächst älteren Stengelgliede mit 2 secundären Hüllgenerationen; bei *a* Fig. 43 die jüngste Generation von den übrigen getrennt. Die Partien A u. B Fig. 45 entsprechen je dem oberen und unteren Theile der Fig. 42.

Fig. 46—48. Querschnitte durch das Mark einander folgender je älterer Stengelglieder, mit je 3, 4 und 5 secundären Zellhüllgenerationen.

Fig. 49. Querschnitt durch das junge primäre Bastfaserbündel mit noch unverdickten primären Zellhüllen.

Fig. 50. Desgleichen aus einem Stengelgliede, in welchem die erste secundäre Zellhülle des Markes entwickelt war.

Fig. 51. Ein solches Präparat nach der Behandlung mit Aetzkalilösung.

Fig. 52. Querschnitt durch denselben Gewebetheil aus einem Stengelglied, in welchem sich eben die primären Korkplatten einzuschieben beginnen.

Fig. 53. Querschnitt durch das junge Holz eines ziemlich alten Stengelgliedes. Bei *a* unverdickte Holzfasern. Bei *b* solche mit 1, bei *c* mit 2, bei *d* mit 3 secundären Zellhüllen.

Fig. 54. Querschnitt durch das junge Holz von *Xantochymus tinctorius*. *a*, *b*, *c* wie in voriger Figur. An einzelnen Fasern ist die Verholzung noch im Gange, bei andern schon vollendet. Bei ersteren ist die weichere Schicht der resp. secundären Zellhüllgeneration daher ungleichmässig lichtbrechend. In den mittleren der jüngst-verdickten Fasern hat sich die secundäre Zellhülle theilweise von der primären getrennt.

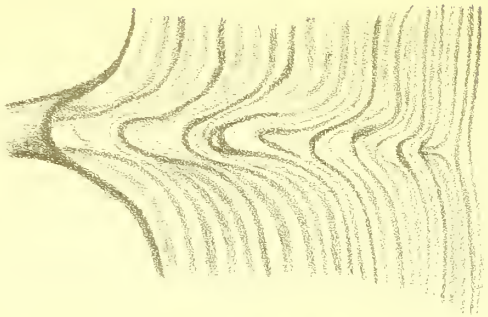
Fig. 55. Querschnitt durch eine Gruppe der sog. Steinzellen in dem Marke von *Hoya carnosa*, *a—e* bezeichnen die Folgezustände der Verdickung mit entsprechender Zahl secundärer Zellhüllen, *f* ist eine schon sehr stark verdickte Zelle. Bei *g* und *h* zwei verschieden stark verdickte Zellen ohne mehrfache Schichtung mit blos einer secundären Zellhülle. Die Porencanäle sind ausser bei *g* und *h* angedeutet, aber nicht ihrer wirklichen Structur gemäss ausgeführt.

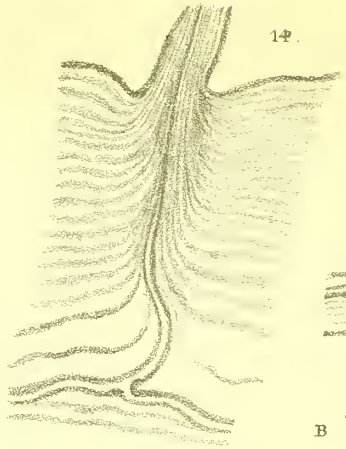
Fig. 56. Durch Salpetersäure und chlorsaures Kali isolirte Zellen eines feinen Querschnittes durch das Grundgewebe des Schaftes von *Urania guganensis*, *a—e* wie oben. Die weichen Schichten der secundären Zellhüllgenerationen sind in Folge der Mazeration etwas gequollen. Porencanäle wie in Fig. 55.

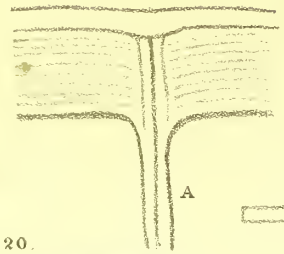
Fig. 57. Querschnitt durch die aus stark verdickten gestreckten, faserähnlichen Zellen bestehende Scheide von *Lycopodium spec. mex.* Die Buchstaben *a—g* bezeichnen die Entwicklungsfolge bezüglich der Anzahl secundärer Zellhüllen. Bei B einige Zellen einer Blattspur. Die Porencanäle sind hier ihrer wirklichen Structur entsprechend ausgeführt.

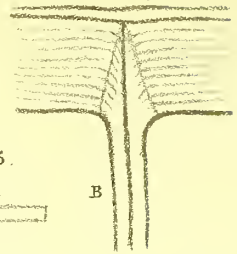
n. d. Natur gez. v. Prof. Dr. L. Dippel.

Lith. Anst. v. C. Welzbacher, Darmstadt.


11.

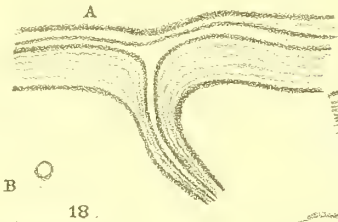

14.



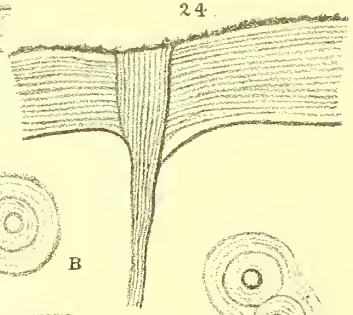


25.

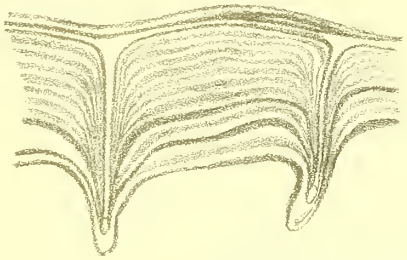
20.



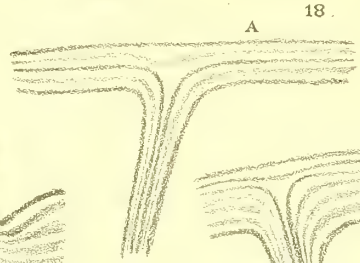
24.



12.

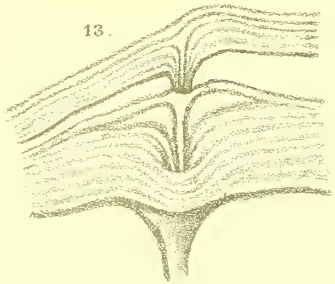


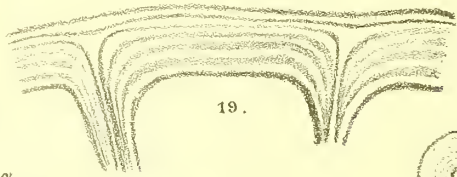
18.



15.

13.

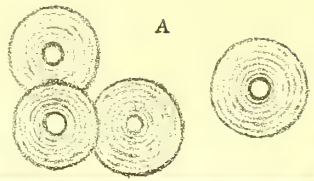




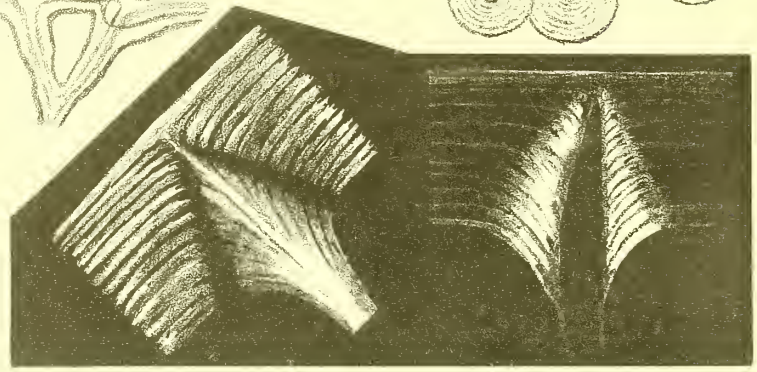
19.

21.

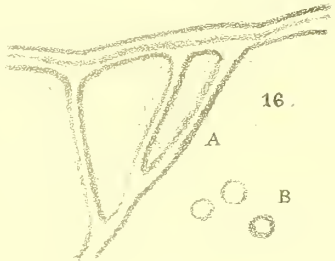
A



17.



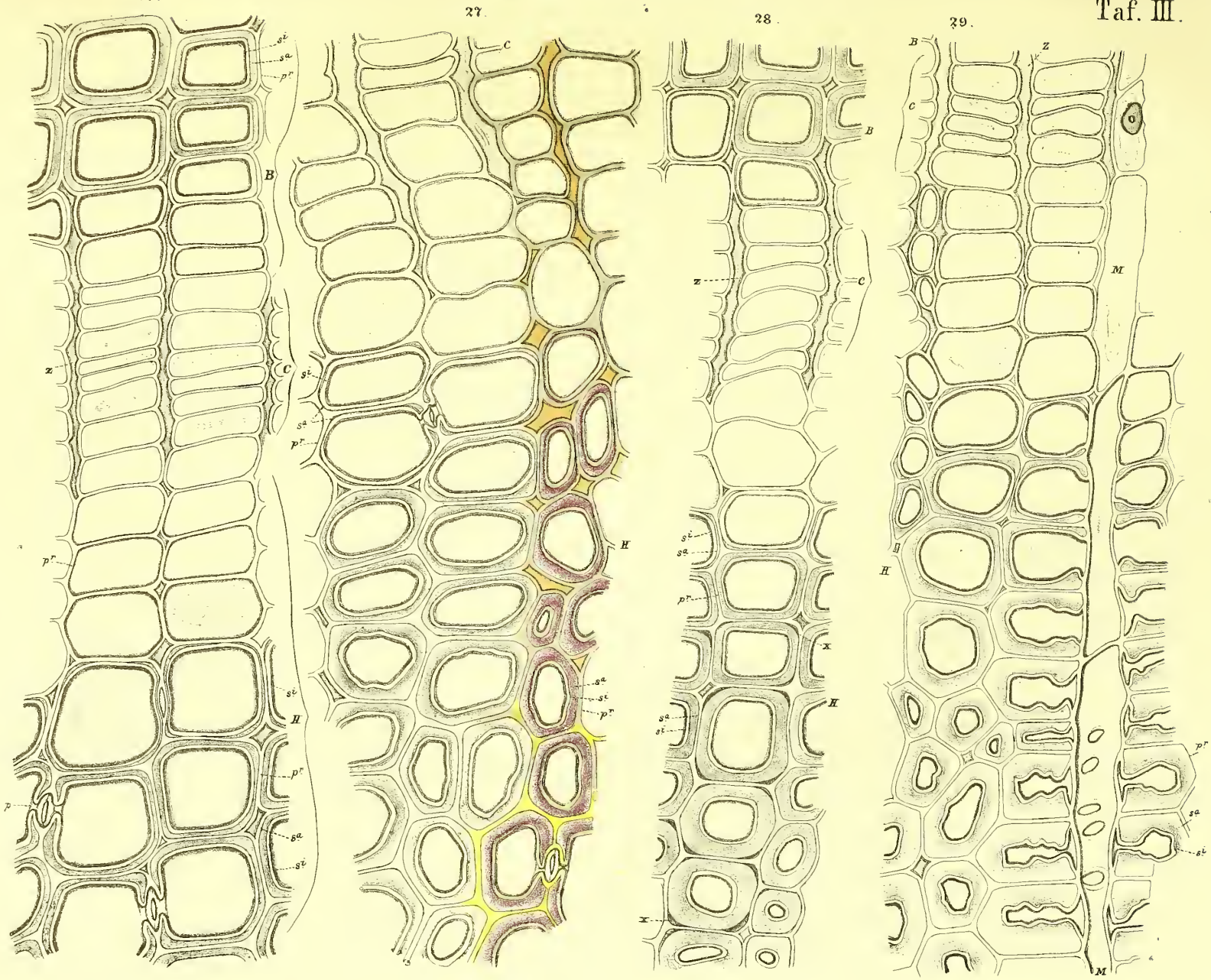
16.



n d Natur gez v. Prof Dr L. Dippel.

Lith Anst v. C. Welzbacher, Darmstadt.

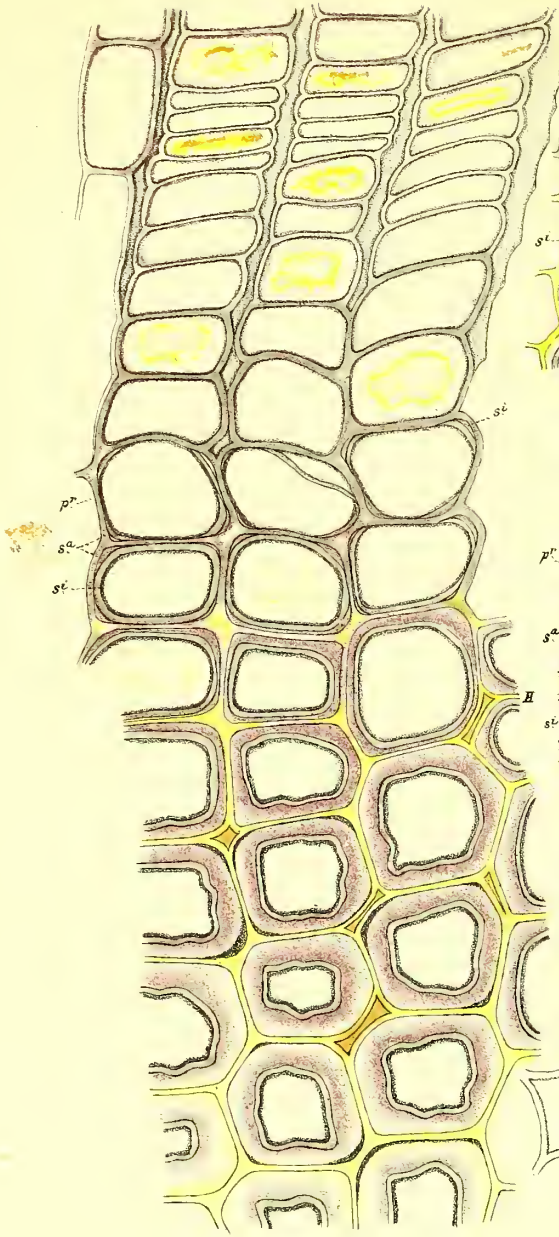
Taf. III.



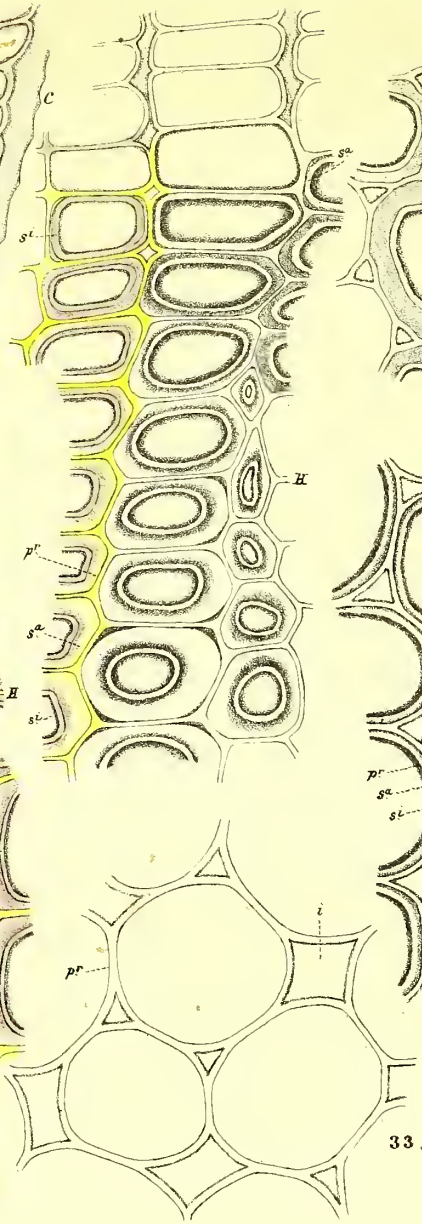
n'd. Natur gez v. Professor Dr. L. Dippel.

Lith. Inst. v. C. Welzbacher, Darmstadt.

30.

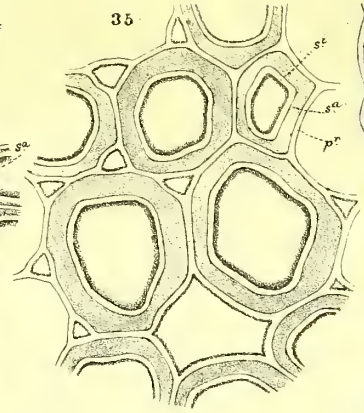


32.

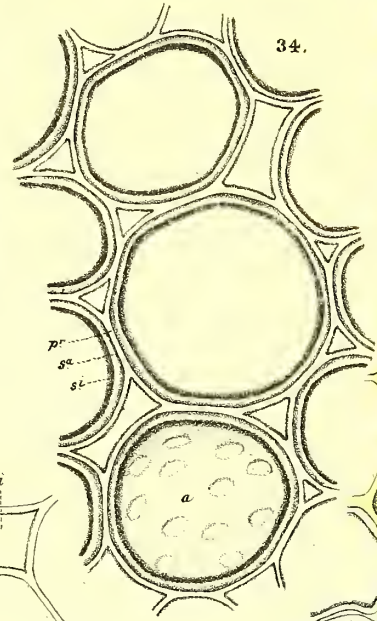


33.

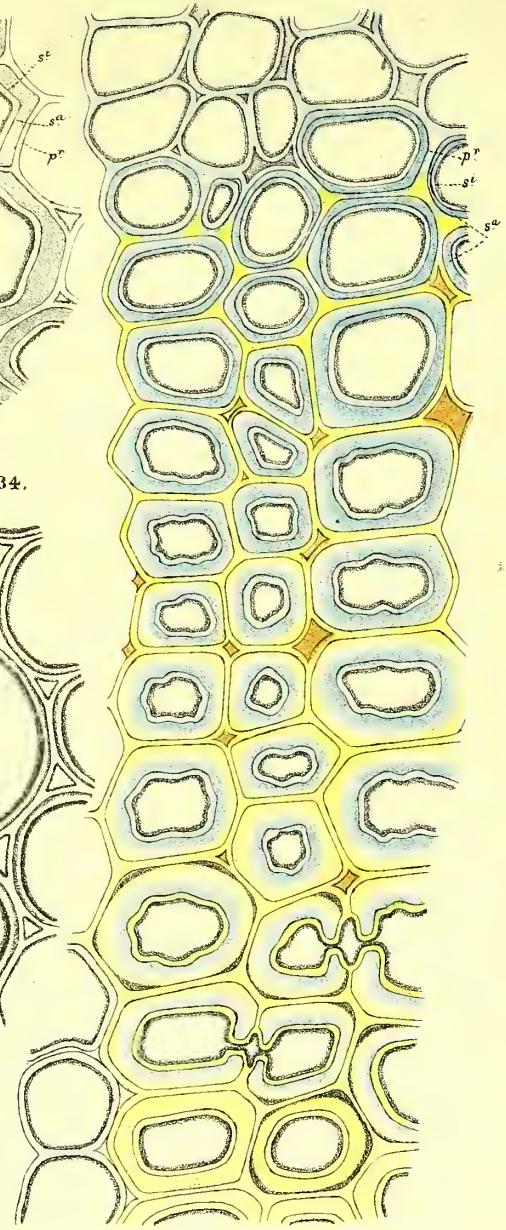
35.



34.

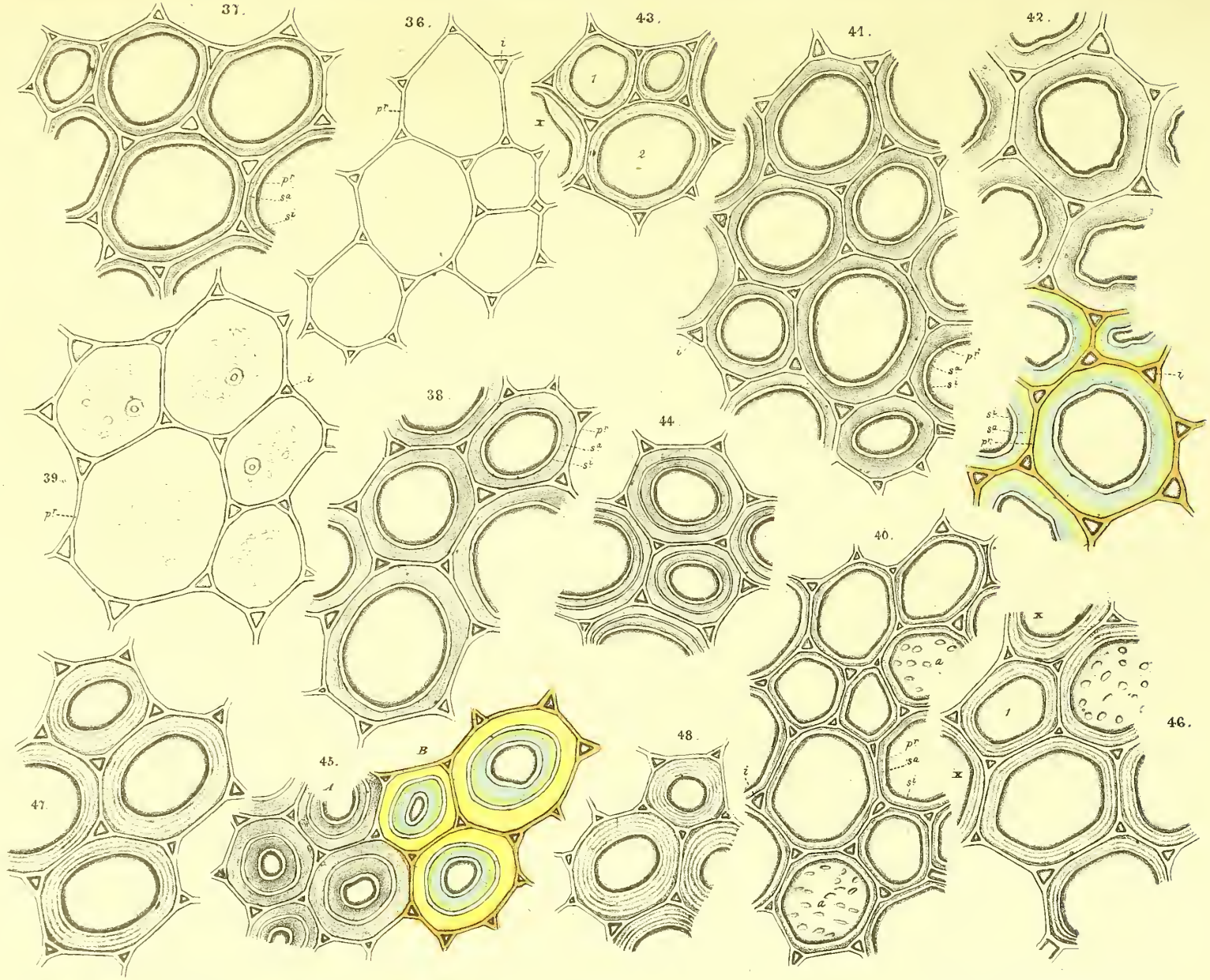


31.

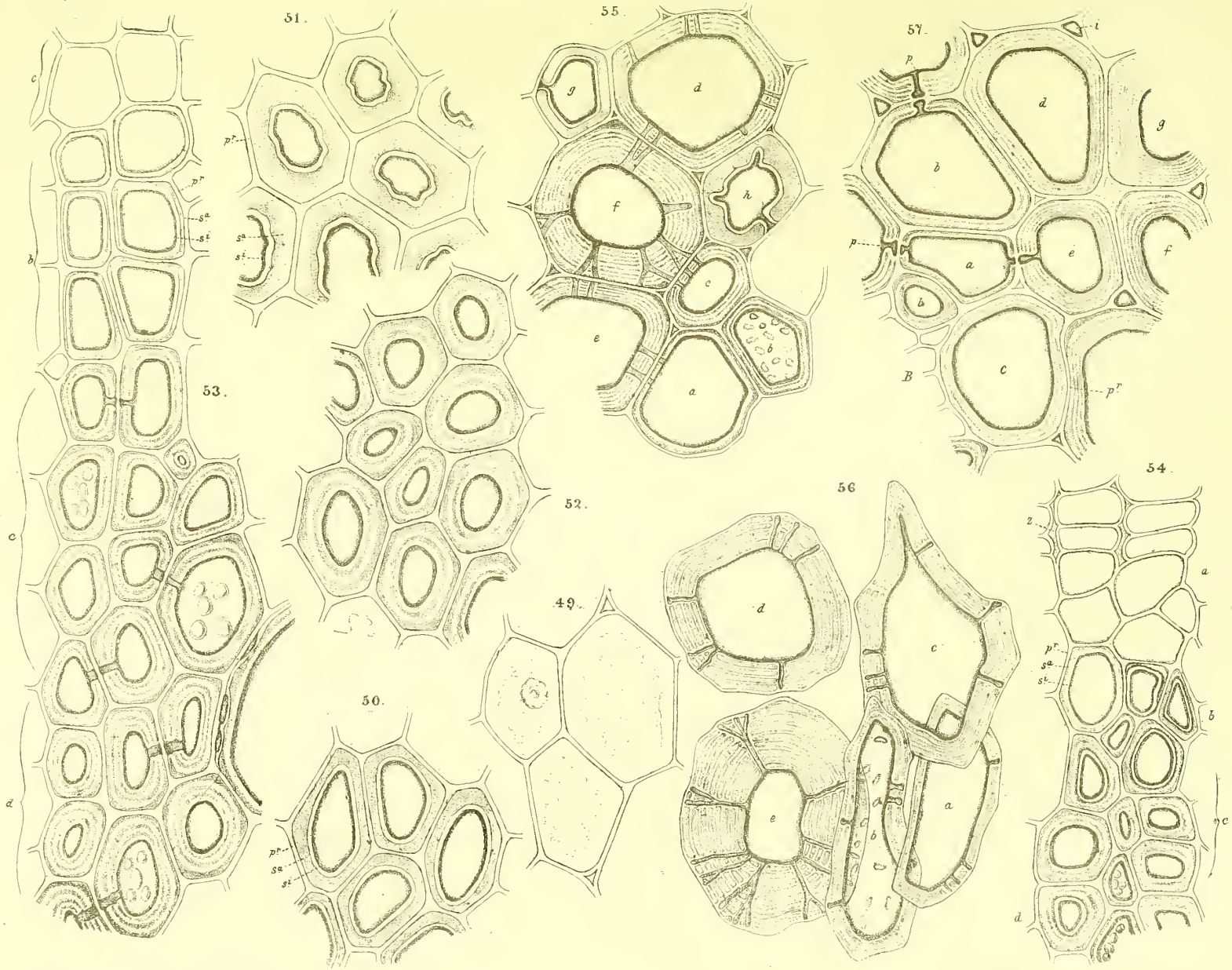


n. d. Natur gez. v. Professor Dr L. Dippel.

Lith. Anst. v. C. Welzbacher, Darmstadt.



Lith. Anst. v. C. Welzbacher, Darmstadt.


51.
55.
57.
53.
52.
56
54.
49.
50.
pr
sa
st
a
b
c
d
e
f
g
h
i
p
B
z

Die neuere Theorie über die feinere Structur der Zellhülle, betrachtet an der Hand der Thatsachen

von

Prof. Dr. **Leopold Dippel.**

III. Die Structur der sog. „Mittellamelle".

Mit 7 Tafeln.

Bekanntlich beobachtet man an hinreichend dünnen, durch irgend ein aus verdickten Zellen bestehendes Gewebe geführten Querschnitten ein bald mehr (*Pinus*, *Quercus*, *Fagus*, *Vitis* u. s. w.), bald minder (Collenchym, horniges Samenfleisch u. s. w.), scharf ausgeprägtes, zartes Netzwerk, welches sich von der nach innen mit einer gleichfalls stärker lichtbrechenden Lamelle abschliessenden, innerhalb seiner Maschen gelegenen, secundären Verdickungsmasse durch besonders hervorragendes Lichtbrechungsvermögen unterscheidet. Dieses Netzwerk wurde von Unger, v. Mohl, Schleiden, Schacht u. A. als das Netzwerk der primären, durch eine homogene Zwischenmasse, die Intercellularsubstanz mit einander verkitteten Zellwände angesehen und ihm somit ein zusammengesetzter Bau zugeschrieben. Nägeli, Hofmeister, Sachs und deren Schüler lassen dasselbe, ihre »Mittellamelle«, aus den bis zu einer ansehnlichen Dicke in ihrem ganzen Ausmaasse homogen gebliebenen Zellwänden durch Differenzirung hervorgehen und bezeichnen es als einfach und aller inneren Structur entbehrend. Für die Ansicht der zuletzt genannten Botaniker über die Entstehung des fraglichen Netzwerkes (»Mittellamelle«) ist auch nicht eine einzige der Entwicklungsgeschichte entnommene, begründende Thatsache vorgebracht, dieselbe ist vielmehr ohne die Natur zu befragen, aus hypothetischen Prämissen abgeleitet und ohne Bedenken als unumstössliches Dogma vorgetragen worden. Immer und immer wieder und zwar unter Todschweigen entgegenstehender Ansichten mit der grössten Bestimmtheit wiederholt, hat sie das Ansehen einer vollbegründeten Thatsache angenommen und wird um so eifriger weiter verbreitet, als dieselbe bei der Verwendung von mittelmässigen, die Structur und Entwicklung nur undeutlich und verschwommen wiedergebenden, jede mögliche und gewünschte Deutung zulassenden Präparaten unter Zuhülfenahme eines gewissen Vorrathes von Redewendungen abgethan werden kann und man sich dabei nicht der Gefahr aussetzt, mit der herrschenden Schule in unliebsamen Widerspruch zu gerathen. Dass dieselbe mit der Entwicklungsgeschichte nicht übereinstimmt, dass vielmehr die »Mittellamelle«, wie schon die zu-

erst genannten Forscher angenommen hatten, in der That theilweise aus den vor Eintritt der Verdickung entstandenen und individualisirten primären Zellhüllen besteht, ist bereits von Dr. Sanio (Pringsheims Jahrbücher Band IX, S. 69 u. f.) und zwar auf Grund des Studiums der Entwicklungsgeschichte ausgesprochen und von mir in der vorhergehenden Abhandlung — ebenfalls an der Hand der Entwicklungsgeschichte — eingehend dargelegt worden. Wir können daher diese Frage hier als entschieden betrachten und wollen nur noch einige Worte darüber anfügen, wie sich die entwicklungsgeschichtlichen Thatsachen gemäss der Nägeli-Hofmeister'schen Hypothese den in No. II veröffentlichten Beobachtungsresultaten gegenüber verhalten müssten. Die Differenzirung in den sich durch Intussusception fortdauernd verdickenden Zellwänden könnte hiernach frühestens erst dann eintreten, wenn dieselben eine Dicke erreicht hätten, welche den fünf Schichten: »Mittellamelle« und beiderseits je eine wasserreiche und eine wasserärmere Schicht, Raum geben würde. Von dem Cambium ab, müssten demgemäss, so lange diese Dicke nicht erreicht ist, verschieden dicke vollständig homogene Zellhüllen beobachtet werden. Aber bei starkverdickten ausser der »Mittellamelle« nur je eine wasserreiche und wasserarme Schicht der Zellen zeigenden Geweben liegt die Sache nicht einmal so. Hier könnte, da die Hypothese für jede andere Gestaltung keinen Raum bietet, die Differenzirung erst nach Abschluss des Dickenwachsthumes eintreten. Ein durch das sich entwickelnde Herbstholz der Kiefer geführter Querschnitt müsste demgemäss ein Bild darbieten, wie das in Figur 1 dargestellte. Dass aber ein einigermaassen gelungener Querschnitt keine solche Ansicht gewährt, davon kann sich Jeder überzeugen, der die nöthige Zeit auf die Anfertigung verwenden will. Das beweisen ferner die betreffenden Figuren Dr. Sanio's, die allerdings eine geraume Strecke weit nur eine sich verdickende weiche Schicht innerhalb des stärker brechenden Netzwerkes der primären Wände vorführen und insofern dem wirklichen Thatbestande nicht ganz entsprechen. Es thun dies namentlich meine Figuren 26 bis 31 der vorhergehenden Abhandlung dar, welche genau nach der Natur entworfen sind und deren Verification jeden Augenblick, wie von Jedem, der den redlichen Willen dazu hat und sich den Thatsachen nicht absichtlich verschliessen will, an der Hand meiner Präparate vorgenommen werden kann. An dicken Schnitten kann man freilich nichts, aber ebensogut auch Alles das sehen, was man sehen will und sie geben nicht einmal Veranlassung sich die Frage vorzulegen, wie sich denn der Uebergang der differenzirten in die noch homogenen Zellwände vollzieht, was bei Betrachtung der Fig. 1 etwas räthselhaft erscheint. Schon dieser Umstand beweist, dass die Begründer der Differenzirungshypothese ihren Gedanken nicht einmal ausgedacht haben, sonst würden sie dabei doch wohl einem Stein des Anstosses begegnet sein.

Die Lehre von der Homogenität der »Mittellamelle« wurde im Einklang mit den Ansichten von Treviranus und Meyen von Wigand in die Wissenschaft eingeführt, indem er dieselbe als das Verschmelzungsproduct der primären Zellhüllen darstellte (Intercellularsubstanz u. Cuticula 1850 und Botanische Untersuchungen 1854). Sie wurde dann von Schacht (Lehrbuch der Anatomie und Physiologie, S. 108 u. f.; Das Mikroskop 3. Aufl. S. 115 u. f.) und mir (Die Intercellularsubstanz und deren Entstehung 1867; Das Mikroskop Bd. II S. 99 u. f. 1869) auf das entschiedenste bestritten und durch Klarstellung des wirklichen Thatbestandes widerlegt. Bei Nägeli, Hofmeister und Sachs — denn Sanio hat in neuster Zeit die kurz vorher (Pringsheims Jahrbücher Bd. IX S. 68) behauptete Einfachheit in Folge meiner Einwände (Flora 1874 No. 17 und 1875 No. 11) wieder aufgegeben und Andere schreiben und sprechen dem Genannten nach, ohne auch nur den Versuch gemacht zu haben, sich von den natürlichen Thatsachen in irgend einer Weise selbst überzeugen zu wollen — bildet die Lehre der Homogenität — freilich in anderem, als dem Wigand'schen Sinne — eine nothwendige Consequenz ihrer Ansichten über die Zelltheilung und das Wachsthum der Zellhülle. Sie ist von ihnen mehr erschlossen als beobachtet, denn Thatsachen zu deren Begründung wurden ebensowenig beigebracht, als es für die Differenzirungshypothese geschah. Was als solche in den betreffenden Figuren bei Hofmeister und Sachs dienen soll, kann für die Entscheidung nicht ins Gewicht fallen, da diese Figuren Schnitten durch fertige Gewebe entnommen sind und nicht einmal auch nur der Versuch gemacht ist, die feinere Structur der »Mittellamelle« durch Anwendung optischer und chemischer Hülfsmittel der Beobachtung zu ermitteln.

Nägeli spricht sich nur gelegentlich und nicht ganz bestimmt über die »Mittellamelle« aus, weit entschiedener geschieht dies von den beiden andern oben genannten Forschern.

Hofmeister sagt auf Seite 260 des 1. Bandes seines Handbuches der physiologischen Botanik: »Wo neu entstandene, jugendliche Zellmembranen sich gegenseitig dicht berühren, da verschmilzt die gleichartige Substanz derselben zu einer homogenen Platte. Die Verbindung ist eine so innige, dass sie durch mechanische Mittel nicht aufgehoben werden kann.« Dann auf Seite 261 oben: »Kein optisches Hülfsmittel, kein chemisches Reagenz vermag eine Zusammensetzung dieser Membran (der besprochenen Mittellamelle) aus zwei besonderen Platten nachzuweisen.«

In dem Lehrbuche von Sachs § 13 heisst es: »Die Mittellamelle*) ist bei verholzten Geweben meist dünn, aber stark lichtbrechend und von dichter, nicht quellungsfähiger Substanz;

*) Dass die Mittellamelle als einfach betrachtet wird, geht aus verschiedenen Stellen des § 13 hervor.

»Durch Auflösung der übrigen Zellhautsubstanz in concentrirter Schwefelsäure bleibt sie (an feinen Querschnitten) als ein zartes Netzwerk zurück; werden dagegen die Zellen durch Kochen in Kali oder in Salpetersäure isolirt, so geschieht es durch Auflösung jener gegen Schwefelsäure resistenten Mittellamelle, während hier die übrige Zellhautmasse erhalten bleibt (so bei allen Holzzellen und sehr vielen Bastzellen).«*)

Entgegenstehende Ansichten werden von den Vertretern der Homogenität der Mittellamelle nur im Vorbeigehen und in absprechender Weise als abgethan erwähnt, oder ganz todgeschwiegen. Und so geschieht es denn, dass weiten Kreisen alle und jede Veranlassung zur thatsächlichen Prüfung benommen bleibt.

Stellen wir die oben verzeichneten Aussprüche den Thatsachen gegenüber, so wird sich ergeben müssen, inwieweit dieselben berechtigt sind oder nicht.

Betrachtet man einen hinreichend dünnen Querschnitt eines Gewebes mit deutlich und scharf ausgeprägtem Netzwerke der primären Zellhüllen oder, wenn man so will, der »Mittellamelle«, so wird man je nach Umständen ein verschiedenes Verhalten beobachten. Im allgemeinen erscheint das fragliche Netzwerk bei der gewöhnlichen Beobachtungsweise als ein vollständig einfaches und nur da, wo drei oder mehr benachbarte Zellen in einer Ecke zusammenstossen, finden sich an Stelle der sonst etwa vorhandenen Intercellularräume (*Clematis* u. s. w.) drei- bis mehrseitige homogene, nicht wieder von Linien durchschnittene (Wigand) Zwickel einer Substanz von etwas abweichendem Lichtbrechungsvermögen. (Fig. 2). Es scheint somit in diesem Verhalten, (sobald man eben, wie es die oben genannten Forscher gethan zu haben scheinen, von einer abgeänderten Beobachtungsweise absieht) ein Beweis für die Einfachheit der sogenannten Mittellamelle vorzuliegen. In andern nicht wenig zahlreichen Fällen dagegen und zwar bei Objecten derselben Art, so z. B. bei manchen Querschnitten durch den Bast- und Holzkörper der Laub- und Nadelhölzer, die Bündel bastfaserartiger Zellen der Kiefernnadeln, das Markparenchym der Waldrebe u. s. w., gewinnt man ganz abweichende Ansichten der Structur. Hier wird das Netzwerk der primären Zellhüllen und zwar genau in der Mitte von einem mit den oben beschriebenen Zwickeln in Verbindung stehenden, nicht aber diese Zwickel durchschneidenden, äusserst zarten, oft in Form einer einfachen Linie auftretenden Maschenwerk durchsetzt, welches sich durch abweichende Lichtbrechung kenntlich macht (Fig. 2 rechts). Es wird somit durch dieses Verhalten,

*) Nach Wigand sollen merkwürdiger Weise nach dem Kochen mit Salpetersäure die Mittellamelle, d. h. die primären Wände, als zusammenhängendes Netz übrig bleiben, während sich die übrige Zellhautmasse (»secundären Wände«) auflöse. (Siehe Entwicklungssubstanz S. 34 unten).

welches indessen nur an sehr dünnen, genau senkrecht zur Längsachse der Zellen geführten Querschnitten erkennbar, an dickeren Schnitten aber leicht zu übersehen ist, sofort und auf das bestimmteste die Zusammensetzung der »Mittellamelle« aus zwei äusseren, gleich stark lichtbrechenden und einer mittleren, abweichend brechenden Platten nachgewiesen. Ausserdem leitet dasselbe zu dem Schlusse, dass auch da, wo diese Structur unter den gewöhnlichen Beleuchtungsverhältnissen nicht wahrnehmbar ist, dieselbe doch vorhanden sein dürfte und dass es bei dem thatsächlich nur geringen Unterschiede in dem Lichtbrechungsvermögen beider Elemente blos an der kleinen Dickenausmessung der mittleren Platte liege, wenn das Mikroskop, dessen Unterscheidungsvermögen bekanntlich an bestimmte, nicht überschreitbare Grenzen in dem Ausmaasse der Structur gebunden ist, dieselbe nicht nachweist.

Dass dieser Schluss in der That berechtigt ist, dass die »Mittellamelle« auch in *den* Fällen, wo sie sich bei gewöhnlicher Beobachtungsweise als scheinbar einfach darstellt, die beschriebene Zusammensetzung besitzt, tritt auf das klarste in die Erscheinung, wenn man hinreichend dünne Querschnitte unter dem Einflusse polarisirten Lichtes der Beobachtung unterwirft. Schon 1861 habe ich auf der Naturforscher-Versammlung in Speier auf diese Beobachtungsweise hingewiesen und seitdem mehrfach die Resultate derselben als Beweismittel für meine Auffassung vorgelegt (Die Intercellularsubstanz und deren Entstehung, S. 21, Taf. I. Fig. 29; Das Mikroskop etc. II. Bd. S. 323, Fig. 155). Hätte man sich von anderer Seite, statt auf hypothetischen Prämissen weiter zu bauen, unter Verwendung geeigneter Präparate, welche allein im Stande sind den Sachverhalt aufzuklären, zu dieser Beobachtungsweise bequemen und dadurch die bei gewöhnlicher Beleuchtung gewonnenen mikroskopischen Bilder feinerer optischer Analyse unterwerfen wollen, so würde das herrschende Dogma von der Einfachheit der »Mittellamelle» doch wohl einigermaassen erschüttert worden sein.

Orientirt man einen dünnen Querschnitt eines Laub- oder Nadelholzes, überhaupt eines Gewebes mit deutlich ausgesprochener »Mittellamelle« bei gekreuzten Nicols, also bei verdunkeltem Gesichtsfelde derart, dass, je nach der Zellform, sämmtliche oder einzelne Theile des Netzwerkes unter Winkeln von 45° oder nahezu 45° die Polarisationsebenen schneiden, so gewinnt man das in der Figur 3 dargestellte Bild. Man sieht hierin überall die bei gewöhnlicher Beleuchtung stark lichtbrechenden primären Zellhüllen mit hohem Glanze aufleuchten, dabei aber von einem kaum zu übersehenden, mit den dunklen Intercellularzwickeln in Verbindung stehenden, *nicht leuchtenden* Netzwerke durchschnitten, welches in seinen Breitenausmessungen bei verschiedenen Objecten in dem Maasse wechselt, als die mittlere Platte der »Mittellamelle« in mehr oder minder beträchtlicher Mächtigkeit entwickelt ist. Dieses Verhalten,

welches allerdings an nicht hinreichend dünnen Schnitten verdunkelt oder verdeckt wird, in Folge dessen ganz und gar übersehen und als nicht in die Erscheinung tretend dargestellt keineswegs aber durch ein solches auf unzureichender Präparation beruhendes, sicheren Beobachtungen gegenüberstehendes negatives Resultat aus der Welt geschafft werden kann, berechtigt doch wohl unzweifelhaft zu dem Schlusse, dass wir es in der »Mittellamelle« nicht mit einer einfachen, »durch kein optisches Hülfsmittel« zerlegbaren »Membran«, sondern mit einem in der oben beschriebenen Weise zusammengesetzten Gebilde zu thun haben. Dass in dem, im polarisirten Lichte nicht leuchtenden, also gar nicht oder doch nur äusserst schwach doppelt brechenden, zartlinigen Maschenwerk nicht etwa die ganze Mittellamelle im Sinne von Nägeli, Hofmeister, Sachs u. A. vorliegt, das werden selbst diese Forscher nicht behaupten wollen, wenn sie sich erst einmal ein gutes Polarisationsbild vor Augen geführt haben. Es beweisen das auch auf das entschiedenste die in Betracht kommenden Ausmessungen. Die Gesammtbreite der Stäbe (wenn ich mich so ausdrücken darf) des leuchtenden, das dunkle Maschenwerk in sich aufnehmenden Netzwerkes entspricht hier nämlich vollkommen derjenigen, welche unter gewöhnlicher Beleuchtung der »Mittellamelle« zukommt, während die dunklen Streifen eine weit geringere Breite besitzen. Ebensowenig aber wird man annehmen wollen, dass das dunkle Maschenwerk der Ausdruck der »idealen« nicht existirenden Grenzlinien der verschmolzenen Zellhüllen, also ein Nebelgebilde sei.

Will man sich noch eingehender von dem optischen Verhalten der Theilstücke der »Mittellamelle« überzeugen, so bedarf es nur der Anwendung verzögernder Gypsblättchen, um auch hierbei sofort und scharf den Unterschied in der Art der Lichtbrechung zwischen den beiden primären Zellhüllplatten und der Mittelplatte festzustellen. Die ersteren zeigen unter diesen Bedingungen je nach ihrer Stellung in den Quadranten von + oder — 45° die der Schnittdicke entsprechenden Additions- oder Subtractionsfarben, während die letztere die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergibt.

In allen zu den vorstehenden Beobachtungen verwendbaren Geweben trifft man hie und da auf Präparate, in denen an einzelnen Stellen eine Trennung der »Mittellamelle« in zwei Platten eingetreten und die mittlere Theilplatte ganz oder theilweise verschwunden ist. Hier entspricht die Trennungsspalte ihrer Lage und Ausmessung nach genau dem Verlaufe der entweder schon bei gewöhnlicher Beleuchtung oder bei polarisirtem Lichte beobachteten mittleren Platte (Fig. 4). Dass diese Spaltung in Folge von Spannungen in der Zellwand erfolgt sei, wie von Hofmeister und Sachs mehrfach behauptet wird, erscheint umsomehr zweifelhaft, als damit das Verschwinden der mittleren Theilplatte nicht erklärt werden kann. Dann erscheint es etwas

wunderbar, dass die gedachten Spannungen, deren Vorhandensein, wenn sie als Erklärungsgrund dienen sollen, doch zunächst nachgewiesen werden müsste, sich dem Dogma anbequemend gerade in der Mittellinie der »Mittellamelle« geltend machen sollten. Eine Erklärung der nach der Homogenitätslehre anders unerklärbaren Trennung musste indessen versucht werden und da wählte man denn lieber den Erklärungsgrund, der die meiste Dehnbarkeit besass, als dass man die andrerseits festgestellten Thatsachen gelten und damit das liebgewordene Dogma fallen liess. Der Beweis, welcher für die Entstehung der kleineren Intercellularräume durch solche Spannungen von Sachs an einer Schnittpartie des Grundgewebes von *Zea Mays* (Lehrbuch 3. Auflage S. 73) zu führen versucht wird, ist ebensowenig stichhaltig, wie die versuchte Erklärung der eben besprochenen Trennung der Gewebeplatten. Erstlich lässt sich eine spätere Entstehung oder vielmehr Vergrösserung recht wohl auch unter Annahme der zusammengesetzten Structur der »Mittellamelle« und, wie ich meine, durch das Wachsthum der Zellhüllen noch leichter und einfacher erklären. Dann aber habe ich Querschnitte durch jüngere und ältere Entwicklungszustände des Grundgewebes der genannten und anderer Pflanzen vor mir, in denen das jüngere Gewebe weit grössere, meist abgerundete Intercellulargänge besitzt, während dieselben bei dem älteren, entgegen den Angaben von Prof. Sachs, kleiner werden. Die Sache liegt hier für die oben angeführten Fälle der Trennung ganz einfach so: Die mittlere Theilplatte (ob man dieselbe Intercellularsubstanz oder anders nennen will, ist hier gleichgültig), welche, wie in dem weiteren Verlaufe dieser Abhandlung nachgewiesen werden wird, eine von der Zellhüllsubstanz verschiedene chemische Zusammensetzung besitzt, ist durch natürliche chemisch wirkende Einflüsse hinweggelöst und dadurch die Trennung des Netzwerkes herbeigeführt worden. Dass hiebei nicht etwa die Mittellamelle in ihrer ganzen Ausdehnung von der Lösung ergriffen, wie vielleicht dem Obigen (S. 128) gemäss eingewendet werden könnte, davon überzeugt jeder Vergleich der getrennten mit den daneben liegenden in Zusammenhang verbliebenen Zellen. Das unverletzte Netzwerk der letzteren ist bei den ersteren genau in zwei gleich stark lichtbrechende Platten gespalten, nicht aber, wie es bei der unterstellten Annahme der Fall sein müsste, zwischen den minder stark lichtbrechenden secundären Verdickungsmassen verschwunden.

Die Behauptung, welche von Prof. Sachs (Lehrbuch S. 73) aufgestellt wird, dass die dünne, ganz homogene Zellstofflamelle, welche die jungen Zellen begrenzt, niemals eine Sonderung in zwei Lamellen erkennen lasse, dass die Grenze zweier (jungen?) Zellen niemals durch eine die Scheidewand halbirende Spalte angedeutet sei, lässt sich unschwer widerlegen. Man braucht nur einen Schnitt durch ein eben aus dem Cambium hervorgegangenes Gewebe, dessen primäre Wände schon entwickelt siud, zu betrachten, um zu erkennen wie in allen

Fällen die später anscheinend einfache Mittellamelle in radialer Richtung aus zwei getrennten Platten hervorgeht. Dass aber diese Platten gerade in der Jugend nicht allein in radialer Richtung, sondern allseitig vorhanden sind, davon überzeugt man sich, wenn man sich nicht mit der Betrachtung eines oder weniger Präparate begnügt, sondern nach evidenten Beweisen für aufgestellte Behauptungen sucht. In Fig. 5 ist z. B. ein Querschnitt durch das Cambium und das eben aus diesem hervorgegangene junge Holz der Kiefer dargestellt, an welchem die Zusammensetzung der »Mittellamelle« auch in peripherischer Richtung aus zwei primären Zellhüllplatten und zwar recht wohl und deutlich erkannt werden kann. Ich glaube, dass man wohl von solchen Zuständen aus nach Analogie auf diejenigen schliessen darf, wo das Aneinanderschliessen der Primärwände schon im ersten Entwicklungsstadium eintritt und der Vorgang sich dem Beobachter entzieht.

Prüfen wir nun das Verhalten der »Mittellamelle« gegen chemische Reagenzien, so werden sich ganz andere Resultate ergeben, als diejenigen sind, welche von Seiten der Vertreter des Homogenitätsdogmas nach den oben citirten Aussprüchen in die Oeffentlichkeit gelangten.

Was zunächst die Wirkung anlangt, welche die Mazerationsmittel hervorrufen, von denen Sachs in allen Auflagen seines Lehrbuches und ihm nachschreibend einige junge Botaniker in ihren in neuester Zeit erschienenen Lehrbüchern und Grundzügen der Botanik behaupten, dass sie die stark lichtbrechende nicht quellungsfähige »Mittellamelle« im Ganzen lösen, so verhalten sich Kalilauge, Salpetersäure und das Schulz'sche Mazerationsgemisch in Bezug auf das Endresultat wesentlich gleich. Wir können uns daher hier im grossen und ganzen auf die Darlegung derjenigen Erscheinungen beschränken, welche durch das letztgenannte Reagenz hervorgerufen werden. Betrachten wir dieselben zuvörderst in ihrem Endresultate, so wird sich zeigen, wie sehr dasselbe in der Wirklichkeit von demjenigen abweicht, welches durch die von Sachs u. A. behauptete Wirkungsweise gefordert wird. Wenn das genannte chemische Mittel in der von Sachs beschriebenen Weise wirkte, so müsste ein mittelst desselben behandelter Querschnitt aus einem fertigen Gewebe z. B. aus dem Holze der Kiefer nach der Lösung der »Mittellamelle« ein Bild gewähren, wie das schematisch in der Fig. 6 gezeichnete. Die isolirten Zellhüllen könnten dann nur noch aus den von Schacht, Sanio und mir auch neuerdings noch als secundäre Verdickung bezeichneten Theilen der Zellwand bestehen, sie würden folglich auch nur zwei verschieden lichtbrechende Lamellen, die stärker entwickelte, äussere, wasserreichere, weniger lichtbrechende und die innere, den Zellenhohlraum begrenzende, wasserärmere, härtere, stärker lichtbrechende erkennen lassen. Ganz junge Gewebetheile, in denen die Zellen ihre secundäre Verdickung noch nicht gebildet haben, in denen also die noch sehr dünnen Zellhüllen

offenbar der »Mittellamelle« der differenzirten Zellhülle entsprechen, müssten unter der gleichen Annahme ganz und gar gelöst werden. Derartige Bilder gewährt aber kein einziges von hinreichend dünnen, die feinere Structur deutlich zeigenden Querschnitten gewonnenes Mazerationsproduct. Es bleiben vielmehr in den jungen Geweben die primären Zellhüllen immer vollständig erhalten und erscheinen von einander getrennt (Fig. 21);*) nur die Cambiummutterzellen und diejenigen Tochterzellen, welche noch keine Zellstoffhülle gebildet haben und auf die wir weiter unten näher zurückkommen werden, lösen sich in der Mazerationsflüssigkeit auf. In den Zellen fertiger Gewebe sind immer und überall (natürlich bei den genannten und ähnlichen Objecten, anders bei geschichteten Zellhüllen) drei verschieden brechende Theile der isolirten Zellhüllen auf das schärfste erkennbar. Diese sind eine äussere, stark, eine mittlere minder stark und eine innerste wiederum stark lichtbrechende Lamelle (Fig. 7 u. 19). Dass hier die äussere Lamelle nicht ein durch die Mazeration erst hervorgerufenes Kunstproduct ist, wie dies früher von Sanio (Pringsheims Jahrbücher Bd. IX S. 68) behauptet worden war, sondern dass sie ein Naturproduct der Zelle, d. h. die primäre Zellhülle vorstellt, das habe ich schon in meinen Bemerkungen (Flora 1874 No. 17) nachgewiesen und es hat der genannte Forscher später selbst (Flora 1874 No. 35) seine Ansicht rectificirt.

Um sich auf das sicherste von der nicht vollständigen Lösung der »Mittellamelle«, dagegen von deren Zerlegung in die drei weiter oben beschriebenen Theilstücke zu überzeugen, darf man nur die allmälige Wirkung des Mazerationsgemisches genau verfolgen. Nach wenigstündiger Einwirkung des Reagenzes bei gewöhnlicher Zimmertemperatur tritt die mittlere Theilplatte in Folge geringer Auflockerung ihrer Substanz in ihrem Dickendurchmesser etwas vergrössert und durch eine blassgelbe bis hochgelbe Färbung, welche sie mit den Zwickeln theilt, ausgezeichnet, deutlich von den Primärhüllen des Netzwerkes abgehoben, hervor (Fig. 7, links). Beobachtet man hierauf ein solches Präparat in polarisirtem Lichte, so erblickt man im wesentlichen ein Bild, wie bei dem frischen Querschnitte; nur das mittlere nicht leuchtende Maschenwerk erscheint dem vergrösserten Dickenausmaasse entsprechend breiter, als dort (Fig. 8). Man gewinnt durch dieses Verhalten die entschiedenste Ueberzeugung, dass sich an den primären Zellhüllen nichts geändert hat, dass wir auch hier in den hell aufleuchtenden Theilen der »Mittellamelle« noch ganz dieselben Platten vor uns haben, welche im frischen Schnitt durch den Einfluss des polarisirten Lichtes als in der That durch eine zwischengelagerte, nicht oder

*) Vorzüglich geeignet für diese Beobachtung erweist sich das junge Holz der Weymouthskiefer, bei welcher sich das Sommerholz nur sehr langsam verdickt, so dass ziemlich umfangreiche Reihen nur mit den primären Zellhüllen versehener Zellen zur Anschauung gebracht werden können.

äusserst schwach lichtbrechende Lamelle von einander getrennt nachgewiesen wurden. Länger andauernde Einwirkung des Mazerationsgemisches bewirkt eine noch etwas weiter schreitende Lockerung und dann eine leicht zu erkennende, mehr und mehr fortschreitende Lösung der mittleren Platte (Fig. 7, rechts), von der bei fortdauernder Wirkung nur einzelne, theilweise entfärbte und ein eigenthümlich krümeliges Aussehen zeigende Reste (Fig. 7 u. 16 bei *C*) übrig bleiben, bis schliesslich vollständige Lösung und damit die Trennung der einzelnen Zellen eintritt (Fig. 7 u. 16). Während dieser Vorgänge bleibt, die allmälige Lösung und Wegführung der Verholzungsproducte ausgenommen, das Verhalten der primären Zellhüllen optisch und zwar im gewöhnlichen, wie im polarisirten Lichte das gleiche. Nirgends bemerkt man in dieser Hinsicht auch nur die Spur einer Veränderung der Gesammtzellhülle, welche auf das Entstehen eines Kunstproductes deutete, dessen Auftreten eine Täuschung über den wahren Sachverhalt veranlassen könnte. Alle die Vorgänge, welche bei der eben besprochenen Beobachtungsweise so zu sagen etwas sprungweise in die Erscheinung treten, lassen sich in lückenloser Aufeinanderfolge beobachten, wenn man recht dünne Querschnitte der Einwirkung von Chromsäure aussetzt. Hier macht sich die Wirkung des Reagenzes zuerst in den drei- oder mehrseitigen Zwickeln geltend, indem dieselben höher gelb gefärbt werden, als die Zellhülltheile. Dann sieht man von ihnen aus zarte, ebenfalls hochgelb erscheinende Linien in das vorher homogen erschienene Netzwerk eintreten. Nach und nach werden im weiteren Verlaufe die primären Zellhüllplatten durch die stärkere Lockerung der mittleren Theilplatte noch etwas weiter auseinandergedrängt, bis endlich die völlige Auflösung dieser letzteren erfolgt ist (Fig. 9 *A*, *B* u. *C*).

Aus dem geschilderten Verhalten geht auf das bestimmteste hervor, dass die Angaben der oben genannten Botaniker über die Wirkung der mazerirenden Reagenzien auf die »Mittellamelle« keineswegs den Thatsachen entsprechen, dass sie vielmehr, alle Grundsätze inductiver Naturforschung ausser Acht lassend und ohne dass man sich die Mühe genommen hat, geeignete Präparate der optischen und mikrochemischen Analyse zu unterwerfen und damit die nöthigen Fragen an die Natur zu richten, in rein dogmatischer Weise zum Ausdruck gelangt und verbreitet worden sind.

Wir dürfen Hofmeister gegenüber behaupten: Es gibt wohl chemische Reagenzien, welche die Zusammensetzung der »Mittellamelle« aus drei (nicht zwei) Platten nachzuweisen vermögen. Wir können mit Fug und Recht Sachs entgegnen: Nicht die ganze »Mittellamelle« wird durch Kali, Salpetersäure und das Schulz'sche Mazerationsgemisch gelöst, sondern nur ein verhältniss-

mässig geringer Theil derselben, die Mittelplatte (Intercellularsubstanz) wird von diesem Prozesse ergriffen und dadurch jene in die oben näher bezeichneten Bestandtheile zerlegt.

Hier ist es nun wohl auch am Platz auf einen Einwand Sanio's zurückzukommen, der mehrfach sich dahin geäussert hat, dass die von mir als getrennt angesehenen Zellen noch durch ein Bindemittel zusammengehalten würden (womit indessen den oben ausgesprochenen Sätzen kein Eintrag geschieht). Wer je einmal die Wirkungsweise der oben genannten Reagenzien in ihrem ganzen Verlaufe verfolgt hat, der wird wohl meiner Ansicht beipflichten müssen, und das Beweismittel Sanio's kaum als beweiskräftig anerkennen können. Sanio meint, meine mazerirten Querschnitte hätten bei dem Uebertragen aus dem Uhrglas auf den Objectträger in ihre Elemente zerfallen müssen. Ich habe das Uebertragen mit der grössten Sorgfalt und zwar mittelst eines unter die in der Flüssigkeit schwimmenden Schnitte geschobenen dünnen und schmalen Platinspatels vorgenommen und obwohl Theile der Präparate verloren gingen, doch nicht unansehnliche Stücke davon auf den Objectträger gebracht. Dass der Zusammenhang der mazerirten Schnitte, d. h. der isolirten Zellen theilweise bei der vorgenommenen Manipulation nicht aufgehoben wurde, geht meinen physikalischen Kenntnissen gemäss mit ganz natürlichen Dingen zu und beruht einfach auf den Gesetzen der Adhäsion oder vielmehr der Capillarattraction zwischen festen und flüssigen Körpern. Herr Sanio kennt doch gewiss den Schulversuch mit zwei auf Wasser schwimmenden Korkkügelchen. Auch ist es ihm gewiss schon begegnet, dass in einem Wassertropfen suspendirte isolirte Zellen — besonders aus Querschnitten, — welche er mittelst der Nadel zu trennen suchte, sich immer und immer wieder einander näherten, bis es gelang, die Entfernung zwischen denselben so gross zu machen, dass die Anziehung ausser Wirkung gesetzt wurde. Ganz so verhält es sich mit meinen auf den Objectträger übertragenen Schnittstücken. Die stets von benetzender Flüssigkeit umgebenen, nur durch höchst minimale nach Mikromillimetern oder selbst nach Bruchtheilen von Mikromillimetern zu messenden, gewiss als capillar anzusehende Zwischenräume von einander getrennten Zellen wurden eben durch die oben genannte Kraft zusammengehalten. Dass zwischen den wirklich isolirten Zellen keine unsichtbare, verkittende Substanz mehr vorhanden ist, davon habe ich mich durch die Anwendung der Nadel und die Einwirkung färbender Reagenzien (siehe weiter unten!) vollständig überzeugt und ich glaube, es wird sich Jedermann von dieser Thatsache ebenso sicher und ebenso leicht überzeugen können wie ich.

Die Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure auf verdickte Gewebezellen wird von Prof. Sachs u. A. so beschrieben, als ob die innerhalb der »Mittellamelle« gelegenen Theile

der Zellhüllen gelöst würden, während jene im Ganzen in Form eines zarten Netzwerkes zurückbleibe. Thatsächlich ist, und das ist ja von Schacht, wie von mir nicht einmal, sondern öfter behauptet worden, dass bei Anwendung des genannten Reagenzes, und zwar auf unverholzte Gewebe ohne weitere Vorbereitung, auf verholzte Gewebe nach vorhergegangener geeigneter chemischer Behandlung, ein zartes Netzwerk ungelöst zurückbleibt, während die übrige Substanzmasse der Gewebe der Lösung verfällt. Aber vergleicht man das Ausmaass des verbliebenen feinen Netzwerkes mit demjenigen der an frischen Schnitten beobachteten oder gar der durch den Einfluss der Schwefelsäure etwas gequollenen »Mittellamelle«, so muss es sofort einleuchten, dass wir es in dem ersteren nicht mit dem Gesammtrest der letzteren zu thun haben. Zur Erläuterung dieses Sachverhaltes mag der Vergleich der beiden Figuren 10 bei *D*, und 11*a* dienen, von denen die erstere genau dem beobachteten Object entsprechend gezeichnet ist, die andere in schematischer Weise das Netzwerk der angeblich ungelöst bleibenden »Mittellamelle« und zwar in den genauen Maassverhältnissen eines nicht mit Reagenzien behandelten Schnittes darstellt. Um sich von dem thatsächlichen Substanzbestande des Endproductes der Schwefelsäurewirkung zu überzeugen, muss man die letzteren in ihren einzelnen Stadien verfolgen. Am besten eignen sich hierzu feine Querschnitte verholzter Gewebe, welche vorher mittelst des Schulz'schen Mazerationsgemisches bei gewöhnlicher Zimmertemperatur digerirt wurden, bis das Verholzungsproduct der Zellhüllen möglichst herausgelöst, die mittlere Theilplatte der »Mittellamelle« aber noch erhalten geblieben war. An derartigen Präparaten lassen sich je nach der Schnittdicke (natürlich müssen auch hier die dickeren Stellen noch recht dünn sein) und bei einem allmäligen Zutreten des lösenden Reagenzes von dem Rande des Deckglases her, die verschiedenen Stufen der Wirkung häufig dicht neben einander beobachten und gewähren ein lückenloses Bild der letzteren. Fig. 10 stellt einen so gearteten, in der beschriebenen Weise behandelten Querschnitt aus dem Holze der Canarischen Kiefer (*Pinus canariensis*) dar. Bei *A* hat die Wirkung der concentrirten Schwefelsäure eben begonnen: die secundäre Verdickung zeigt in ihren wasserreicheren Theilen bereits eine merkbare Quellung, in ihrer wasserärmeren inneren Lamelle die bekannte Faltung, während in der primären Zellhülle nur eine ganz geringe Quellung wahrnehmbar ist; die vorher in Folge der Einwirkung des Mazerationsmittels gelb gefärbte mittlere Platte des Netzwerkes hat sich jetzt gebräunt, ohne dass ihr Volumen eine Veränderung erfahren hätte. Bei *B* tritt eine etwas merkbarere Quellung der primären Zellhülle, ebenso eine bedeutend verstärkte Lockerung der secundären Verdickung auf und es beginnt augenscheinlich schon die Lösung. Diese steigert sich in allen Theilen nach *C* hin, wo nur die ziemlich stark gelockerte primäre Zellhülle noch vorhanden,

die secundäre Verdickung aber bereits gelöst erscheint. Endlich geht auch diese nach und nach in Lösung über (zwischen *C* und *D*) und es bleibt dann bei *D* das braungelb bis braun gefärbte Maschenwerk der mittleren Platte des primären Netzwerkes zurück. Dieses zarte Maschenwerk hat während des ganzen Verlaufes der Schwefelsäurewirkung keine Maassveränderung erfahren und wird, wie man sich leicht durch Messung überzeugen kann, in seiner Breitenausmessung von derjenigen des ursprünglichen Netzwerkes der gesammten Mittellamelle weit hinter sich gelassen. Selbst da, wo durch die vorhergehende Einwirkung des Mazerationsgemisches nur Theile des mittleren Maschenwerkes erhalten geblieben waren, widerstehen auch diese Reste der Lösung durch concentrirte Schwefelsäure. Auch bei den hier in Frage kommenden Präparaten liefert die Anwendung des polarisirten Lichtes recht instructive Bilder. Vom Beginn der Wirkung an und solange noch eine Spur der primären Zellhüllen bei gewöhnlicher Beleuchtung als nicht gelöst zu entdecken ist, geben sich dieselben, während die mittlere Theilplatte wie früher ohne Einwirkung verbleibt, durch mehr oder minder hohes Aufglänzen in dem dunkeln, oder durch entsprechende Färbung des in Folge Einschiebens eines Gypsplättchens gleichmässig rothen Gesichtsfeldes zu erkennen. Erst wenn die vollständige Lösung erfolgt ist, bleibt das Gesichtsfeld unverändert und das feine Netzwerk der Mittelplatte wird in demselben nicht sichtbar gemacht.

Dieses Verhalten beweist, dass die Angaben von Prof. Sachs u. A. über die Schwefelsäurewirkung nur deren eigenem Gedankenlaufe entsprosst, nicht aber aus beobachteten Thatsachen abgeleitet sind, dass vielmehr die »Mittellamelle« nicht im ganzen sondern nur die mittlere der in dem Vorausgehenden nachgewiesenen Theilplatten (»Intercellularsubstanz«) in concentrirter Schwefelsäure unlösbar ist.

In dem Vorausgehenden hatten wir es wesentlich nur mit dem Nachweise zu thun, dass die Mittellamelle im Sinn von Nägeli, Hofmeister, Sachs u. A. nicht existire. Es war darin der Beweis zu erbringen dafür, dass die von Schacht und mir schon früher behaupteten, durch sorgfältige und eingehende Beobachtungen gestützten, von mir dann neuerlich in No. 17 der Flora von 1874 wieder auf das bestimmteste in Worte gefassten Thatsachen, dass nämlich die »Mittellamelle« in ihrer ganzen Masse weder in den Mazerationsmitteln löslich, noch in concentrirter Schwefelsäure unlöslich, dass sie ferner nicht einfach, sondern aus drei Theilen: einer mittleren nicht spaltbaren, den benachbarten Zellen gemeinschaftlichen, in den Mazerationsflüssigkeiten löslichen (von Schacht und mir Intercellularsubstanz genannten) Platte und den beiden primären in den genannten Reagenzien nicht, dagegen gleich den übrigen Zellhülltheilen

in concentrirter Schwefelsäure löslichen Zellhüllen der Nachbarzellen zusammengesetzt sei, in der Natur auf das unzweifelhafteste begründet seien. Dass die mittlere Platte von den beiden andern Theilstücken der »Mittellamelle« molecular wie chemisch verschieden sei, wird zwar durch das geschilderte optische und chemische Verhalten schon dargethan; da aber — und zwar am schärfsten von Sanio — die Behauptung aufgestellt wurde, dass auch diese Mittelplatte (»Intercellularsubstanz«) ein »äusserst stark verholzter Abkömmling aus dem Zellstoffbestande der Zellhülle sei, in dem sich gleichwie in den übrigen minder stark verholzten Zellhülltheilen nach entsprechender Vorbehandlung Zellstoff nachweisen lasse,« bleibt noch übrig auch nach dieser Seite noch weitere Erörterung eintreten zu lassen.

Sollte die fragliche mittlere Theilplatte (Intercellularsubstanz) sich vor den übrigen Zellhülltheilen in ihrer Molecularstructur wie in ihrer chemischen Zusammensetzung nur durch eine stärkere Verholzung auszeichnen, so müsste zweierlei zu constatiren sein. Erstlich könnte dieselbe in solchen Geweben, wo in keinem Theile der dasselbe zusammensetzenden Zellen irgend ein Product der Verholzung erkannt werden kann, wo also ein Unterschied der geforderten Art nicht hervortritt, weder optisch noch chemisch nachweisbar sein. Zweitens müsste in den verholzten Geweben auch für sie das gleiche optische und chemische Verhalten, wie für die übrigen Zellhülltheile in die Erscheinung treten.

In optischer Beziehung gewährt aber die Beobachtung in polarisirtem Licht Resultate, welche keiner der beiden Voraussetzungen entsprechen. Auch in nicht verholzten Geweben erkennt man auf hinreichend dünnen Querschnitten das dunkele nicht leuchtende, oder bei Anwendung von verzögernden Gypsplättchen die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergebende Maschenwerk zwischen den je nach ihrer dichteren oder weicheren Beschaffenheit im einen Falle mehr oder minder stark aufleuchtenden, im andern Falle in Additions- oder Subtractionsfarben erglänzenden Zellhüllen. In Bezug auf die verholzten Gewebe lehrt die Beobachtung, dass die Wirkung der betreffenden Zellhülltheile auf das polarisirte Licht in dem Maasse verstärkt wird, als die Verholzung fortschreitet. Nun ist aber in dem Voranstehenden bereits nachgewiesen worden, dass die mittlere Theilplatte der »Mittellamelle« keine oder doch nur eine äusserst schwache Polarisationswirkung erkennen lässt. Ein Product sehr weit gehender Verholzung können wir also in derselben nicht erkennen. Das gleiche optische Verhalten in nicht verholzten, wie in verholzten Geweben leitet dagegen auf den Schluss, dass wir es hier in beiden Fällen mit dem wesentlich gleichen Producte des Zellenlebens zu thun haben, wenn dasselbe auch je nach seinem Vorkommen in dem einen oder dem andern, anderweitige Veränderungen erlitten haben mag.

Treten wir dem chemischen Verhalten näher, so zeigt sich dasselbe der ersten Voraussetzung gleichfalls nicht günstig. Wie bereits in No. 11 der Flora von 1875 angedeutet, habe ich schon 1851 (B. Ztg. No. 23) gefunden, dass die mittelst Jod und Schwefelsäure tief blau gefärbten Zellhüllen nicht verholzter parenchymatischer Gewebe durch eine äusserst zarte ungefärbte Linie von einander getrennt erscheinen. Ich habe dieses Verhalten damals allerdings nicht richtig gedeutet; das thut aber der Richtigkeit der Beobachtung keinen Eintrag und ändert an dem Vorhandensein der Thatsache nichts. Präparate aus späterer und neuerer Zeit auch aus solchen Geweben, bei denen eine Verdickung der Zellhüllen noch nicht eingetreten war, z. B. aus ganz jungem Holz, aus dünnwandigem Rinden- und Markgewebe u. s. w. (Fig. 12—14) zeigten mir ein ganz gleiches Verhalten. Ueberall wurden die Zellhüllen durch Chlorzinkjodlösung violett oder blauviolett durch Jod und Schwefelsäure intensiv blau gefärbt, aber überall erschienen sie auch durch eine feine ungefärbte Zone, welche den im polarisirten Lichte beobachteten dunkeln Linien entsprach, von einander getrennt. Die mittlere Platte des Netzwerkes, d. h. der »Mittellamelle« besteht also hier doch wohl nicht aus Zellstoff obwohl von einer chemischen Umbildung im Sinne der Verholzung nicht die Rede sein kann. Concentrirte Schwefelsäure löst in derartigen Geweben die Zellhüllen unter Zurücklassung eines feinen Maschenwerkes, während Kali, Salpetersäure und das Mazerationsgemisch die Trennung derselben herbeiführen. Beide Reagenzien wirken also hier in derselben Weise, wie bei verholzten Geweben, ohne dass die Resistenz gegen das eine, die Löslichkeit in den andern chemischen Mitteln aus dem Vorhandensein von aus Zellstoff hervorgegangenen Verholzungsproducten abgeleitet werden könnte. Dieses Verhalten nicht verholzter Gewebe gegen concentrirte Schwefelsäure widerlegt schon die Einwendungen Sanio's in der Flora (No. 20, 1875), wo er die Resistenz der Zwischenmasse oder Mittelplatte gegen das genannte Mittel der stärkeren Verholzung zuschreibt. Dass aber auch das Verholzungsproduct anderer Gewebe der Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure nicht widersteht, das beweist das Verhalten derartiger Gewebeschnitte bei Anwendung dieses Reagenzes ohne dass eine Behandlung mittelst der die Verholzungsproducte lösenden Mittel vorausgegangen ist. Hier quellen die Zellstoffhüllen ebenfalls auf und lösen sich endlich; aber die Quellung wird vor der langsam und unter grösserem Widerstand erfolgenden Lösung eine viel bedeutendere, als bei vorher von den genannten Producten befreiten Geweben. Dadurch wird das feine unter anderen Verhältnissen mehr oder minder unverletzt bleibende Maschenwerk der mittleren Theilplatte gesprengt und es liegen nach der Lösung der Zellhüllen einzelne Stücke derselben zerstreut umher, ohne dass aber in ihrem Dickenausmaasse eine merkbare Vermehrung durch Quellung zu beobachten wäre. Alles dieses lässt darauf schliessen, dass wir es hier mit einer Verbindung

zu thun haben, in der weder Zellstoff, noch ein unmittelbar aus Zellstoff hervorgegangenes Umwandlungsproduct vorhanden ist.

Von der eigenartigen chemischen Zusammensetzung der mittleren Theilplatte der »Mittellamelle« überzeugt man sich im weiteren leicht durch Färbung mittelst Anilinrothes. Zarte Querschnitte eines verholzten Gewebes, welche solange mittelst des Schulz'schen Gemisches bei Zimmertemperatur digerirt wurden, bis die mittlere Theilplatte (»Intercellularsubstanz«) ihrer Lösung nahe gebracht ist, zeigen nach kurzem Verweilen in einer verdünnten Lösung von Anilinroth folgendes Verhalten. Alle Theile der Zellhülle und zwar die primäre Zellhülle sowohl, als die secundäre Verdickung bleiben gänzlich ungefärbt, während die mittlere Platte des Netzwerkes sich intensiv roth färbt (Fig. 15). Diese Färbung tritt auch da noch in intensiver Weise auf, wo, wie der Augenschein lehrt, nur noch Spuren von jener noch ungelöst verblieben sind und eine weitere minimale Wirkung des Mazerationsgemisches die Lösung herbeigeführt haben würde. Ich meine doch, an derartigen Stellen der Präparate wäre der Punkt gekommen gewesen, auf dem die Verholzungsproducte gelöst und nur die Zellstoffreste noch zurückgeblieben wären, welche dann ebensowohl, wie die anderen Theile der Zellhüllen ungefärbt hätten bleiben müssen. Wollte man aber annehmen, es sei auch in soweit von dem Mazerationsgemische angegriffenen Theilen der mittleren Theilplatte noch ein — sicherlich doch nur höchst geringer — Rest von Verholzungsproducten zurückgeblieben und habe die intensive Färbung veranlasst, so lehrt der Vergleich solcher Schnitte, bei welchen das Mazerationsmittel entweder gar nicht oder doch nur unvollständig auf die Zellhüllen gewirkt hat, sofort, dass jene nicht aus der erwähnten Voraussetzung abgeleitet werden kann. Selbst da, wo noch die gesammten Verholzungsproducte, oder ein grosser Theil derselben ungelöst in den Zellhüllen verblieben sind, ist die Färbung dieser eine weit weniger starke, als jene der substanzärmsten Reste der Mittelplatte (»Intercellularsubstanz«). Wir haben in der letzteren gemäss des eben geschilderten mikrochemischen Verhaltens also sicherlich eine von der Zellhülle und deren Verholzungsproducten chemisch verschiedene Verbindung vor uns.

Gehen wir zu den Reactionen über, welche durch die zellstoffbläuenden Mittel, insbesondere durch die Chlorzinkjodlösung hervorgerufen werden, so werden auch diese eine Bestätigung des Vorhergegangenen liefern können.

In der eben beschriebenen Weise vorbereitete, d. h. theilweise mazerirte, sonst gelungene Querschnitte aus verholzten Geweben lassen, häufig schon kurz nach der Befeuchtung, besonders aber nach mehrtägiger Behandlung mittelst Chlorzinkjodlösung folgende Färbung erkennen. Die primäre Zellhülle erscheint scharf abgesetzt blauviolett, die äussere, wasserreichere Schicht der

secundären Verdickung violettroth, die innere, wasserärmere (»tertiäre«) Schicht hellviolett bis blauviolett gefärbt. Das Maschenwerk der mittleren Theilplatte des ganzen Netzwerkes verhält sich verschieden je nach der mehr oder minder kräftigen Einwirkung des mazerirenden Reagenzes. Wo die letztere verhältnissmässig gering war, tritt eine hochgelbe Färbung hervor (Fig. 16 bei *A*) und es wird dieselbe in dem Maasse blasser, als die Einwirkung kräftiger wurde (Fig. 16 bei *B*) bis bei sehr hochgradiger Wirkung, welche die mittlere Platte (»Intercellularsubstanz«) der Lösung nahe gebracht, oder theilweise schon gelöst hat, diese im Ganzen oder in den noch erhaltenen Resten vollständig farblos erscheint (Fig. 16 bei *C*). Derartige Präparate sind besonders geeignet, in ihren verschiedenen Uebergängen der Färbung die Behauptungen zu widerlegen, dass die Mittelplatte zur Zellstoffreaction übergeführt werden könne. Ich habe an solchen Objecten niemals auch nur den Schimmer einer wirklich blauen Färbung in den der Lösung ganz nahe gekommenen Resten der letzteren wahrnehmen können; und ich meine, wenn in diesen Resten auch nur Spuren von Zellstoff noch vorhanden gewesen wären, so hätten sich dieselben dem Auge verrathen müssen. Um nichts zu versäumen, was Gewissheit geben könnte, habe ich feine in Salpetersäure und chlorsaurem Kali digerirte Querschnitte mit einem Tropfen Aetzkalilösung befeuchtet, diesen rasch ablaufen lassen, mit Wasser gut ausgewaschen, Chlorzinkjodlösung zugegeben und dann das Präparat oft noch unter beständiger Erneuerung des letztgenannten Reagenzes mehrere Tage liegen lassen. Der Erfolg dieses Verfahrens war der, dass bei minder hochgradiger Einwirkung des Schulz'schen Gemisches die mittlere Theilplatte (»Intercellularsubstanz«) gelb gefärbt wurde, bei höheren dagegen ungefärbt blieb, während in den Zellhülltheilen der Farbenton etwas mehr nach Blau hinübergeführt erschien (Fig. 17). Vergleicht man das sonstige optische Verhalten des unter den oben genannten Einflüssen zur Erscheinung gebrachten mittleren Maschenwerkes (»Intercellularsubstanz«) mit demjenigen der mazerirten Zellhüllen, so überzeugt man sich, dass man es hier nicht mit einer Zellstofflamelle zu thun hat. Die blassgelb gefärbten, sowohl wie die ungefärbten Partien jener zeigen einen eigenthümlichen, bei den letzteren nicht bemerkbaren, starken Glanz und ein schilferiges Aussehen, so dass man unwillkürlich an dünne Schilfern der Gummiarten erinnert wird, wie sie sich häufig von grösseren Bruchstücken abblättern. Dass da, wo das Mazerationsgemisch seine volle Wirkung geäussert, d. h. die Zellen von einander getrennt hat, auch nicht ein kleinster Rest von verkitteter Substanz zurückgeblieben war, davon habe ich mich auf das entschiedenste besonders an solchen Schnitten überzeugt, bei denen alle Uebergänge der Einwirkung des Mazerationsgemisches bis zur Entfärbung, zur nahezu eingetretenen und zur vollendeten Lösung neben einander vertreten waren. Nirgends findet sich zwischen den gtrennten aber

durch die Capillarität in ihrer Lage ziemlich erhaltenen Zellhüllen, auch da nicht, wo dieselben durch Verschieben des Deckglases oder durch Anwendung der Nadel weiter von einander entfernt worden waren, auch nur eine Spur einer optisch oder chemisch nachweisbaren Substanz. Zur weiteren Orientirung über das an dieser Stelle in Betracht kommende chemische Verhalten der mittleren Theilplatte, namentlich aber über den von Sanio und mir verschieden dargestellten Befund der Chlorzinkjodreaction der in dem Mazerationsgemisch digerirten Präparate, habe ich in den Figuren 18 und 19 noch zwei solcher wiedergegeben, wie sie mir vereinzelt vorgelegen haben. In Fig. 18 ist das mittlere Maschenwerk (»Intercellularsubstanz«) durch Anwendung der Nadel theilweise von den Zellhüllen isolirt und sind die einzelnen Lamellen dieser sowohl, wie das erstere in ihrer Färbung genau nach der Natur copirt. Fig. 19 dagegen stellt einen mazerirten und mit Chlorzinkjod behandelten Querschnitt alten Kiefernholzes dar, bei dem sich die primären Zellhüllen theilweise von der secundären Verdickung getrennt hatten und zerrissen waren, so dass leicht die Vermuthung hätte Platz greifen können, als ob man in den abgelösten primären Zellhülltheilen das innere Netzwerk vor sich habe. Eine sorgfältige Betrachtung der Grenzen der secundären Verdickung gewährt indessen leicht die Ueberzeugung, dass dem nicht so ist, da ihr die auch bei den Reactionspräparaten scharf abgesetzte Doppelcontour der primären Wände und deren verschiedene Färbung abgeht.

Hier muss ich auch noch einmal auf die bereits in No. 11 der Flora von 1875 besprochenen Figuren Sanio's Tafel VII 1 u. 2 zurückkommen, deren Farbengebung auch in der letzten Erwiderung gegen meine »Bemerkungen« in No. 20 der Flora von 1875 als richtig aufrecht erhalten wird. Der in den Objecten wirklich auftretenden Färbung entsprechen diese Figuren insofern nicht, als die Doppelcontour an der Aussengrenze des rothvioletten Zellhülltheiles, welche Sanio gegenwärtig ja als Ausdruck der primären Zellhülle anerkennt, dem wirklichen Sachverhalte, wie der von ihm selbst (in anderen seiner Figuren, z. B. den Figuren 3 und 4 Taf. VII) dieser Zellhülle gegebenen Färbung entsprechend nicht rothviolett, sondern blauviolett gehalten sein müsste und als die innere Lamelle der secundären Verdickung (»tertiäre Membran«) nicht zum Ausdruck gekommen ist. Ferner muss ich die blaue Färbung des zwischen den Zellhüllen liegenden Netzes, auch wenn sie weniger intensiv wäre, als sie es in der That ist, auch heute wieder als durch Täuschung hervorgerufen ansehen. Dieses Netzwerk entspricht allem Anschein nach dem in meinen Fig. 16 u. 17 gezeichneten inneren Maschenwerk und wird wohl auch in Sanio's Präparaten ungefärbt aufgetreten sein. Dass stark lichtbrechende und demzufolge stark glänzende Theile nicht gefärbter Gewebe den schwächer lichtbrechenden und weniger glänzenden, röthlichgrau erscheinenden gegenüber einen bläulichen Schein annehmen, ist bekannt. Eine

blaue Färbung der Substanz darf man aber darin nicht suchen. Inwieweit dieses Verhalten bei Sanio's Färbung in irgend einer Weise mitgewirkt hat, kann ich nicht entscheiden. Ich vermuthe aber, dass etwas Aehnliches oder die schon früher besprochene (Die Intercellularsubstanz und deren Entstehung) Ursache der Täuschung mit untergelaufen sei und ich glaube, dass wenn Sanio sich die Sache noch einmal etwas genauer und vorurtheilslos ansehen will, er sich schliesslich doch von der Richtigkeit meiner auch von anderen Beobachtern controlirten Farbenansicht überzeugen wird.

Auf die voranstehenden Beobachtungsresultate gestützt muss ich mich heute wieder, wie schon früher gegen das Vorhandensein von Zellstoff in der mittleren Theilplatte der »Mittellamelle« aussprechen und dieselbe als einen von der Zellstoffhülle in molecularem, wie chemischem Aufbaue verschiedenen Theil der Gewebe erklären, welcher allerdings auf die gefundenen Grenzen einzuschränken, nicht aber auf andere Dinge, wie die secundäre Verdickung der Callenchymzellen, der Fucoideenzellen u. s. w. auszudehnen ist. Mit Sicherheit ist deren chemische Constitution allerdings nicht festzustellen. Im Hinblick auf ihr optisches Verhalten, wie auf die durch Anilin hervorgerufenen Farbenreactionen, im Hinblick ferner darauf, dass die Mazerationsmittel die mittlere Theilplatte endlich vollständig und ohne Rückstand lösen, während, wenn ein Rest von Zellstoff darin vorhanden wäre, dieser, wie überall in den Zellhüllen ungelöst bleiben würde, dürfte vielleicht der Schluss nicht ungerechtfertigt sein, dass die die mittlere Theilplatte constituirende chemische Verbindung eine Vorstufe des Zellstoffes und zwar eine in Wasser unlösliche Gummiart bilde. Da diese Theilplatte der »Mittellamelle« — ursprünglich allerdings aus zwei Platten hervorgegangen, aber durch frühzeitige Verschmelzung homogen geworden — den benachbarten Zellen gemeinschaftlich ist und mit den primären Zellhüllen in einem nur durch heftige chemische Eingriffe zu lösenden Verbande steht, so möchte die Bezeichnung »Gewebekitt«, oder da man damit den gleichen Begriff verbindet, »Intercellularsubstanz« nicht gerade als ungerechtfertigt erscheinen.

Wenn aus dem Vorausgehenden hervorgeht, dass die mittlere Theilplatte der »Mittellamelle« (die Intercellularsubstanz) nicht wohl als ein Abkömmling irgend eines Theiles der Zellstoffhülle betrachtet werden kann, so bleibt im Anschluss an dieses Resultat noch die Frage zu lösen, woher und in welcher Weise dieselbe ihren Ursprung nimmt. In dieser Beziehung finden sich von Seiten derjenigen Forscher, welche die Zusammensetzung der »Mittellamelle« aus den drei nachgewiesenen Theilstücken er- und bekannt haben, drei wesentlich von einander abweichende Ansichten vertreten.

Schacht lässt die Intercellularsubstanz nach seinen letzten Mittheilungen (Das Mikroskop

3. Aufl. S. 115 u. f.) aus den verflüssigten Mutterzellen durch chemische Umwandlung und Erhärtung hervorgehen. Sanio erklärt dieselbe früher (Bot. Zeitung 1863 S. 362) für ein Verholzungsproduct der persistenten Mutterzellen des Cambiums, leugnete dann deren Vorhandensein unter Annahme einer Verflüssigung und Resorption der Mutterzellen (Pringsheim's Jahrbücher Bd. IX S. 63), kehrte aber später (Flora 1874 No. 35 S. 555 u. f.) auf meine Bemerkungen hin (Flora 1874 No. 17) wieder zu seiner verlassenen Auffassung zurück. Ich selbst habe schon 1861 angedeutet, dann 1867 und 1869 (»Die Intercellularsubstanz und deren Entstehung« S. 36 — Schluss; Das Mikroskop Bd. II S. 102 u. f.) durch eine Reihe von Beobachtungen nachgewiesen und neuerlichst (Flora 1874, No. 17 und 1875 No. 11) den Einwendungen Sanio's gegenüber wiederholt auf das bestimmteste ausgesprochen, dass die fragliche Theilplatte der »Mittellamelle« aus den cambialen, nicht aus Zellstoff bestehenden, **vor** der primären Zellhülle über der lebenden Zelle abgeschiedenen Tochterzellhüllen hervorgehe.

Den Entscheid über die Richtigkeit der einen oder anderen Ansicht kann nur die Entwicklungsgeschichte gewähren. Ich will dieselbe daher hier, indem ich mir das Eingehen auf die gegnerischen Einwände bis zum Schlusse verspare, nochmals in Kürze (unter Verweisung auf meine früheren ausführlicheren Arbeiten) und zwar gestützt auf die Resultate meiner neueren Beobachtungen an dem auch von Sanio in neuster Zeit bearbeiteten Objecte: der Kiefer darlegen.

Ein zarter Querschnitt durch die Cambiumregion und die dieser angrenzenden Gewebetheile des in Entwicklung begriffenen Frühlings-, Sommer- oder Herbstholzes der Kiefer zeigt Verhältnisse, wie sie in den Fig. 26, 28 und 32 der Taf. III und IV der vorhergehenden Abhandlung und in Fig. 12 der beifolgenden Tafeln (von *Pinus strobus*) dargestellt sind.

Die Zellen der Cambiumregion, wie des jungen Bastes und Holzes werden in radialer Richtung durch eine schwach lichtbrechende, bald mehr homogen, bald grumos erscheinende, bald in verschwindend kleiner, bald in grösserer Menge vorhandene Substanz von einander getrennt erhalten. Von dieser Substanz setzen sich die radialen, wie der Augenschein lehrt, von den peripherischen wohl etwas, aber keineswegs bedeutend in ihrer Dicke verschiedenen Hüllstücke der einzelnen Zellen vermöge ihrer doppelten Contour und ihres stärkeren Lichtbrechungsvermögens nach beiden Seiten hin immer und auf das deutlichste ab. In älteren Reihen des Holzkörpers (von dem Baste können wir wegen wesentlich gleichen Verhaltens ganz absehen) erscheinen dagegen die radialen Hüllstücke dicht an einander gerückt und es werden die Hohlräume der Zellen durch das scheinbar einfache in peripherischer wie in radialer Richtung gleich dicke Gerüste der primären Zellhüllen von einander geschieden, während sich die lockere

Zwischensubstanz nur noch hie und da in den Ecken vorfindet, wo mehrere Zellen zusammenstossen. Weiter nach innen tritt dann in den auf einander folgenden Zellreihen der Beginn und das weitere Fortschreiten der Verdickung in der bereits unter No. II geschilderten Weise ein und es erscheint die Verdickungsmasse dem stärker lichtbrechenden, dem eben besprochenen Gerüste der primären Zellhüllen in jeder Beziehung entsprechenden Netzwerke eingelagert. Polarisirtes Licht als optisches, Chlorzinkjodlösung, Jod und Schwefelsäure, wie auch das Mazerationsgemisch als chemische Reagenzien auf derartige Präparate angewendet geben über die einzelnen Bestandtheile des jugendlichen Gewebes und seiner Zellen alle diejenigen Aufschlüsse, welche zur Bildung einer begründeten Ueberzeugung über den vorliegenden Sachverhalt erforderlich sind. Im polarisirten Lichte bleiben bei verdunkeltem Gesichtsfelde die Hüllen der Cambiumzellen (ich nehme mit Sanio nur eine peripherische Reihe an) sowohl, als die noch theilungsfähigen Tochterzellen, welche je nach der Jahreszeit, den mehr oder minder günstigen äusseren Verhältnissen und der Holzart (bei *Pinus strobus* sind sie oft sehr zahlreich) in verschiedener Zahl vorhanden sein können, unsichtbar (Fig. 18). Die Zellstoffreagenzien rufen, wie ich mich an zahlreichen Präparaten früherer und neuerer Zeit überzeugt habe, weder violette noch blaue Färbung in denselben hervor (Fig. 19 links bei *A*) und das Mazerationsgemisch löst sie vollständig auf, indem es nur die Zellkerne und andere protoplasmatische Inhaltsbestandtheile zurück lässt (Fig. 19 rechts). Die eben nachgewiesene Zwischenmasse zwischen den cambialen, wie zwischen den jungen Bast- und Holzzellen, hie und da auch zwischen den peripherischen Wänden eingelagert, wirkt nicht auf das polarisirte Licht und nimmt in der Regel unter der Einwirkung von Chlorzinkjodlösung eine dem Concentrationsgrade des Reagenzes entsprechende etwas schmutzige gelblichbraune Färbung an; nur an einzelnen Stellen bemerkt man, wie ich früher schon öfter hervorgehoben habe, eine violette oder bläuliche Färbung. Von dem Mazerationsgemisch wird die fragliche Substanz bis auf einige krümelige ihrer Zusammensetzung nach nicht genau controlirbare Reste gelöst. Weiter nach innen ändert sich das Verhalten der jungen, in ihrem radialen Durchmesser mehr und mehr gestreckten Holzzellen unter dem Einflusse der Zellstoffreagenzien insofern, als jetzt innerhalb einer ungefärbt bleibenden eine blauviolett oder blau gefärbte Lamelle auftritt, deren Farbenton nicht wesentlich von demjenigen verschieden ist, welche die primäre Zellhülle in den unverholzten Geweben überhaupt, wie auch in den durch die Mazerationsmittel von den Verholzungsproducten befreiten, verholzten Gewebe annimmt (Fig. 19 links bei *B*). Es wird an diesen Stellen sowohl in peripherischer, wie in radialer Richtung das blauviolette oder blaue stärkere Netzwerk von einem inneren, sehr feinen, nicht gefärbten, unmittelbar und un-

unterbrochen in die cambialen Zellhüllen übergehenden Netzwerke durchsetzt, das bei etwa quadratischer Form der Zellen in seinen Ausmaassen nach radialer und peripherischer Richtung nicht verschieden und nur in den Zwickeln, oder wo hie und da ein Rest der Zwischenmasse verblieben war, stärker entwickelt erscheint. (Fig. 12 und 19.) Diesem mikrochemischen Verhalten entsprechen denn auch die Polarisationserscheinungen, indem die dem ungefärbten Maschenwerke des Gewebes entsprechenden Theil des Gewebes dunkel bleiben, die den gefärbten Hülltheilen entsprechenden dagegen hell aufleuchten.

Ich kann dieses Verhalten auch jetzt nicht anders deuten, als wie es früher von mir geschehen ist. Die cambialen Zellhüllen, d. h. die Zellhüllen der Cambiummutterzellen sowohl, als diejenigen der Cambiumtochterzellen, welche unter Umständen noch theilungsfähig und noch nicht als eigentliche Bast- und Holzzellen zu dem Gefässbündel übergetreten sind, bestehen, soweit es aus dem Verhalten gegen optische und chemische Reagenzien überhaupt erschlossen werden kann, nicht aus Zellstoff. Erst auf einer zweiten, je nach den Vegetationsverhältnissen etwas früher oder später eintretenden Entwicklungsstufe und demgemäss in mehr oder minder weit von den Cambiummutterzellen nach aussen oder innen gerückten Zellenreihen wird die aus Zellstoff aufgebaute primäre Zellhülle innerhalb der cambialen Tochterzellhüllen von der lebenden Zelle abgeschieden. Die Zwischenmasse endlich, welche sich in ihrem optischen und chemischen Verhalten so entschieden von den gesammten jungen Zellhülltheilen unterscheidet, ist nicht als ein Theil der »dicken« Radialwände aufzufassen. Wir haben vielmehr in derselben eine Substanz zu erblicken, welche — zumal da man hie und da noch in ihren Umrissen kenntliche Reste der Mutterzellhüllen in ihr wahrnehmen kann — zum mindesten theilweise als das Umwandlungsproduct der nicht mehr nachzuweisenden cambialen Mutterzellhüllen zu betrachten und deren Verschwinden innerhalb des jungen Holzes und Bastes auf Auflösung und Aufsaugung zurückzuführen ist. Dass in derselben zeitweise mehr oder minder deutlich erkennbare Mengen anderer, mit Chlorzinkjodlösung sich bläuender Verbindungen während der Stoffwanderung festgehalten sein können, habe ich schon früher (Intercellularsubstanz) zugegeben und aus den betreffenden Reactionen erschlossen. Ich habe aber nicht gesagt, dass sie aus Zellstoff bestehe und hat Sanio die betreffende, allerdings nicht präcis genug gehaltene Stelle meiner Entgegnung (Flora 1875, No. 11) missdeutet, da er die darin angezogene eingehendere Besprechung der Zwischensubstanz nicht kannte.

In denjenigen Zellreihen, deren radialer Durchmesser bereits sein volles Ausmaass erreicht, ebenso in denen, wo die Verdickung bereits begonnen hat, ist, ohne dass die Verholzung schon Platz gegriffen hätte, das innere, durch das polarisirte Licht, wie durch die chemische Reaction

nachweisbare feine Netzwerk der mittleren Theilplatte der »Mittellamelle« (Intercellularsubstanz) einmal in Folge der Dehnung und des jedenfalls nicht unbedeutenden Wasserverlustes auf sein kleinstes, in figürlichen Darstellungen nicht wohl ganz genau wiederzugebendes Ausmaass reducirt. Seine chemische Umbildung beginnt mit der Verholzung der primären Zellhülle. Jetzt ist der Zeitpunkt eingetreten, wo, ausser an Gewebestücken mit stärker entwickelter mittlerer Theilplatte (siehe oben Seite 128, Fig. 2), die einfache Wirkung der Zellstoffreagenzien dessen Vorhandensein nicht mehr ohne weiteres ersichtlich macht, sondern wo hierzu eine vorbereitende Behandlung erforderlich wird. Auf diesem Entwicklungszustande erscheint das ganze Netzwerk der »Mittellamelle« — in welchem jedoch Anilinfärbung die drei Theilstücke nachzuweisen im Stande ist — unter Anwendung von Chlorzinkjodlösung oder von Jod und Schwefelsäure in der Regel gelb gefärbt, ohne dass sich die mittlere Theilplatte durch besonders hervortretende Färbung auszeichnete. Meine früheren Angaben in dieser Beziehung sind daher insofern nicht ganz allgemein zutreffend, als ich die an Gewebestücken oben beschriebener Art gewonnenen Anschauungen, die in den betreffenden Figuren naturgetreu wiedergegeben sind, zu sehr verallgemeinerte. Anders als das chemische zeigt sich aber hier das Verhalten gegen polarisirtes Licht, indem das mittlere feine Maschenwerk durch dasselbe überall und immer, gleichwie in den nicht verholzten Theilen des Schnittes zur Ansicht gebracht wird.

Wollen wir den Zusammenhang der in den verholzten Gewebetheilen in dem ersten Theile dieser Abhandlung nachgewiesenen mittleren Theilplatte mit dem in jüngeren Gewebetheilen erkannten ungefärbten feineren Maschenwerk, welcher ohnedies durch das Verhalten im polarisirten Lichte nachgewiesen wird, durch chemische Mittel zur Erscheinung bringen, so müssen wir entsprechende Gewebeschnitte mittelst der mazerirenden Mittel vorbereitend und dann erst mittelst der Zellstoffreagenzien behandeln. An derartig zubereiteten Präparaten erkennt man ganz sicher den unmittelbaren Uebergang des farblos gebliebenen, mit den cambialen Zellhüllen in Verbindung stehenden Netzwerkes in die unter der vorgängigen Einwirkung der Mazerationsflüssigkeiten hervorgetretene mittlere Theilplatte der »Mittellamelle«, indem sich die weissen Maschentheile zwischen den noch unverholzten primären Zellhüllen in das gelbe mittlere Maschenwerk zwischen den primären, violetten Zellhüllen der verholzten Zellen fortsetzen. Hier tritt indessen meistens der Fall ein, dass das noch nicht umgebildete Netzwerk der mittleren Theilplatte schon gelöst wird, wenn der umgebildete zwischen den verholzten Zellhüllen gelegene Theil desselben eben erst in die Erscheinung tritt, Fig. 20. Dies thut jedoch dem wirklichen Sachverhalt über den genetischen Zusammenhang keinen Eintrag. Es beweist dieses von dem Verhalten auch der jüngsten aus Zellstoff bestehenden, sich nicht lösenden Zellhüll-

theile so verschiedene Verhalten vielmehr um so schlagender, dass schon die ganz jugendliche mittlere von den beiden äusseren Theilplatten der »Mittellamelle« chemisch weit verschieden ist.

Aus den mitgetheilten Thatsachen bezüglich der Entwicklungsgeschichte der mittleren Theilplatte (Intercellularsubstanz) der »Mittellamelle« geht hervor, dass dieselbe weder das Product einer etwa später noch ins Feld zu führenden Differenzirung inmitten der primären Zellhülle, noch der chemischen Umwandlung der untergegangenen und erweichten Mutterzellen sein kann, dass sie auch nicht aus der weit fortgeschrittenen Verholzung der persistenten Mutterzellhüllen hervorgegangen ist, sondern dass sie ihr Entstehen den nicht aus Zellstoff bestehenden cambialen Zellhüllen verdankt, deren Substanz allerdings wie der Zellstoff der Zellhüllen in den verholzten Geweben eine von der der letzteren verschieden chemische Umbildung erleidet. Dieselbe ist ihrer Entwicklung gemäss nicht als etwas von andrer Seite und sei es auch von Seite der Mutterzellen her an die Zelle Gebrachtes, sondern als ein eigenstes Product des individuellen Zellenlebens, als ein Theil der Gesammtumhüllung jeder einzelnen Zelle zu betrachten. Insofern möchte denn auch der Ausdruck Intercellularsubstanz, der gewissermaassen an etwas ausserhalb der Zelle Vorhandenes erinnert, vielleicht Anstoss erregen. Will man denselben fallen lassen, so habe ich nichts dagegen. Dann aber muss man als selbstständige nach einander entstandene und nicht aus einem Differenzirungsprozess hervorgegangene Theile der »Mittellamelle« folgende unterscheiden:

1. Die cambiale Zellhülle und
2. die primären Zellhüllen,

von denen die erstere als eine durch Verschmelzung homogen gewordene mittlere Platte den an einander grenzenden Zellen gemeinschaftlich zugehört, während die aus Zellstoff gebildeten primären Zellhüllen je einer einzelnen der in den Geweben mit einander verbundenen Zellen zuzurechnen sind.

Der Schacht'schen sowohl, als der Sanio'schen aus 1863 datirenden, später verlassenen und dann neuestens wieder aufgenommenen Entwicklungstheorie der Intercellularsubstanz habe ich bereits a. a. O. Seite 24 u. f. eine eingehende Kritik gewidmet. Ich darf mich daher hier wohl auf die Betrachtung der neuesten, in meinen kurzen Bemerkungen in der »Flora« weniger eingehend berücksichtigten Einwände des letztgenannten Forschers beschränken.

Zunächst wendet sich Sanio gegen meine Auffassung der zwischen den Radialwänden der Cambiumregion auftretenden Zwischenmasse als das Product der Umbildung und Auflösung der cambialen Mutterzellhüllen. Aber aus seinen verschiedenen Aussprüchen geht hervor, dass er —

um mich eines von ihm beliebten Ausdruckes zu bedienen — über diese Zwischenmasse noch keineswegs die Herrschaft erlangt hat. Denn stellt man diese Aussprüche neben einander, so wird man warlich nicht klug daraus, was Sanio denn eigentlich von diesem Dinge hält. So sagt er auf derselben Seite seiner grösseren Abhandlung, Pringsheim's Jahrbücher Bd. IX S. 63:

»Indem nun fortwährend durch tangentiale Theilung im Cambium die Zellenzahl vermehrt wird und die radialen Wandstücke der Mutterzellen bei den fortdauernden Theilungen nicht resorbirt werden, wachsen allmälig diese zu einer mehr oder minder beträchtlichen Dicke heran (Taf. IX Fig. 4, bei 1 u. 2).« Dann:

»Ist die Verdickung stärker, so kann man deutlich an den radialen Wandstücken die doppelt conturirte Membran der Cambiumzellen von einer mittleren weichen Substanz unterscheiden, welche gleichfalls aus Cellulose besteht und der Rückstand der Mutterzellhäute früherer Theilungen ist.« Ferner:

»Die dicken radialen Wandstücke verdünnen sich bei dieser Streckung allmälig; indem die mittlere lockere Substanz allmälig »resorbirt wird,« rücken die eigentlichen Wandungen der jungen Holzzellen an einander und verschmelzen zuletzt mit Ausnahme der Stellen, wo sich 3 oder 4 Zellen berühren, wo die lockere Substanz unresorbirt bleibt und die drei- oder vierseitigen Räume als Zwickel ausfüllt.«

In No. 35 der Flora von 1874 S. 549 heisst es:

»Dippel behauptet, dass die Mutterzellen der Cambialtochterzellen verflüssigt werden, während ich angegeben, dass weder im Cambium noch sonst wo im geschlossenen Gewebe eine Resorption stattfindet (man sehe oben!). Woraus Dippel die Resorption erschlossen hat, ist nicht angegeben, was doch sehr wünschenswerth gewesen wäre, da ich **noch nie** Veranlassung zu einer solchen Annahme gefunden und dies auch mehrfach ausgesprochen habe.« Dann auf Seite 552:

»Früher nahm ich an, dass die mittlere lockere Substanz bei der Verschmelzung der radialen Wandstücke resorbirt wird, gegenwärtig muss ich annehmen, dass sie hier nur comprimirt wird« u. s. w.

Ich für meinen Theil habe gegenüber dem fortwährenden Schwanken Sanio's, welches ihm selbst allerdings nach den obigen Citaten nicht ins Bewusstsein gekommen zu sein scheint, seit 1861 und in allen meinen bezüglichen Veröffentlichungen die oben ausgesprochene, mir durch die beobachteten Thatsachen dictirte Ansicht von der im Cambium und dessen Nachbarschaft auftretenden Zwischenmasse und der Resorption der Mutterzellen festgehalten. Möge Sanio hier wiederholt in Kürze es gesagt bekommen, warum ich dies gethan. Erstlich findet man bei zahl-

reichen Querschnitten, welche für die Entwicklungsgeschichte angefertigt sind, hie und da Stellen, wo bei spät getheilten Zellen die beiden Tochterzellen noch deutlich von den Mutterzellhüllen umschlossen sind und auch in ihren peripherischen Wänden stärker, als die nächstälteren Zellen erscheinen, die sich also ganz so verhalten, wie die betreffenden Stellen solcher Querschnitte, welche man zur Beobachtung der Zelltheilung von in entsprechender Tageszeit geschnittenen Hölzern entnommen hat und in denen die eben entstandenen jungen Tochterzellen noch von den Mutterzellhüllen umrahmt werden. Daneben zeigen sich Stellen, wo die geschilderte Umfassung nicht mehr vorhanden ist, während in der Zwischenmasse sich entweder noch Reste von Mutterzellhüllen auffinden lassen, oder diese ganz frei von letzteren und structurlos erscheint. Zweitens weiss man, und es ist dies durch die vielseitigsten Beobachtungen festgestellt, dass bei der Entwicklung der sporen- und pollenbildenden Zellen (den sog. Specialmutterzellen a. Aut.) ebenso der Sporen und der Pollenkörner die Mutterzellhüllen umgebildet, verflüssigt und schliesslich resorbirt werden. Drittens sieht man überall da, wo in geschlossenen Geweben Tochterzellen innerhalb solcher Zellen entstanden sind, welche bereits ihre primäre Zellhülle abgeschieden haben, die Tochterzellen deutlich von den hier persistent verbliebenen Mutterzellhüllen umgeben. Aus diesen nicht zu bestreitenden Thatsachen schliesse ich und wohl mit vollster Berechtigung: Wo in geschlossenen Geweben früher als vorhanden beobachtete Zellhüllen (hier die cambialen) nicht mehr oder nur noch in einzelnen Resten zu beobachten sind und wo an deren Stelle eine ganz anders gestaltete Substanz sich eingestellt hat, da sind die ersteren als solche verschwunden und es ist die letztere als ein Product von deren moleculären und chemischen Umbildung zu betrachten. Ich zweifle ferner nicht daran, dass die Zwischenmasse in ihrem erweichten, jedenfalls dem flüssigen mehr, als dem festen Aggregatszustande nahe stehenden Zustande vermittelst des in Folge der sofort nach der Entstehung beginnenden radialen Streckung hervorgerufenen Druckes zwischen den peripherischen Zellhüllen, wo sie indessen in einzelnen Fällen auch zu beobachten ist (Fig. 5), heraus und zwischen die radialen Wandstücke, wo die Druckkräfte in diesem Stadium noch auf ein kleines Maass reducirt sind, gedrängt worden ist. Endlich schliesse ich und zwar aus Analogie mit oben citirten Thatsachen, dass die Zwischensubstanz, wo sie sich der Beobachtung schliesslich entzieht, verflüssigt und aufgesaugt worden ist. Sollten, wie es von Sanio an einzelnen Stellen seiner Abhandlungen behauptet wird, die verschwundenen Mutterzellhüllen in die Bildung der Tochterzellhüllen eingegangen und so der Beobachtung unzugänglich geworden sein, so müsste sich das Aussehen der Cambiumquerschnitte ganz anders gestalten, als es in der That bei jedem guten, nicht gedrückten oder gezerrten Schnitt der Fall ist. Man würde dann in der Cambiumregion solcher neben einander liegender

Zellenreihen, welche sich in gleicher Breite ununterbrochen weit in Bast und Holz hineinerstrecken, also ersichtlich in gleichartigen d. h. nicht aus einer späteren radialen Theilung hervorgegangenen Mutterzellen entstanden sind, nicht solchen Verschiedenheiten in der Breite der Zwischensubstanz begegnen können, wie sie in Fig. 5 u. a. naturgetreu dargestellt sind; ebensowenig würde sich zwischen eben durch radiale Theilung entstandenen cambialen Zellen diese Substanz in solcher Menge angehäuft finden dürfen, wie man es in der That oft beobachtet. Man müsste ferner (und ich sehe hier ganz von den Ungeheuerlichkeiten ab, wie sie sich aus der schematischen Construction für die Persistenzhypothese ergeben würden) Ansichten gewinnen, wie sie Sanio und zwar im Widerspruch zu seinen Figuren 4 Taf. VII und 4 Taf. IX in seinen Figuren 3 Taf. VII, 1 Taf. VIII und 5 Taf. IX (ich erwähne nur diese, weil sie nicht für die Zellfolge im Cambium, sondern ausdrücklich für die Entwicklung der »Mittellamelle« und der Verdickungsschichten entworfen sind) dargestellt hat und worin die im Texte so oft betonte »Dicke« der Radialwände des Cambiums zur Anschauung gebracht ist.

Dass die Verschiedenheit in der Dicke der Radialwände resp. in der Mächtigkeit der Zwischenmasse in dem Frühlings- und Herbstholze nicht auf den Gründen beruht, welche Sanio auf S. 315 und 316 No. 20 Flora 1875 dafür hervorgesucht hat, wird wohl Jedem klar sein. Denn dass im Frühlingsholze, welches sich zu einer Zeit entwickelt, wo die Lebensthätigkeit überhaupt eine energischere ist (auch hier kann unter verschiedenen, die Energie und rasche Aufeinanderfolge der Theilungen nicht einmal störenden Einflüssen die Zwischensubstanz sich bald längere, bald kürzere Zeit erhalten), die Mutterzellhüllen im allgemeinen rascher umgebildet und die daraus hervorgegangenen Producte rascher aufgesaugt werden, ist so natürlich, dass man nach künstlichen Erklärungsgründen nicht zu suchen braucht.

Um die unmittelbare Betheiligung der Cambiummutterzellen bei der Bildung der mittleren Theilplatte der »Mittellamelle« zu retten, stellt Sanio einmal die Behauptung auf, dass an den Stellen, wo zwei Schwesterzellen (aus Theilung einer Cambiumtochterzelle hervorgegangen) sich berühren, die mittlere Lamelle (Intercellularsubstanz) ganz fehle und dass sie nur da auftrete, wo zwei Schwesterzellenpaare aneinandergrenzen (Flora 1874 No. 35, S. 553), das anderemal möchte er diese Structurverschiedenheit als offene, »nicht mit Sicherheit festzustellende!« Frage angesehen wissen. Sanio widerlegt nun seine eigene Behauptung durch seine eigenen, auch in seiner letzten Auseinandersetzung als sachgemäss vertheidigten Figuren 1 u. 2 der Taf. V, indem dieselben in dem blau gezeichneten, jetzt als mittlere Theilplatte angesprochenen Netzwerke ein Fehlen der letzteren an irgend einer Stelle in peripherischer (»tangentialer«) Richtung keineswegs, wohl aber das Gegentheil bekunden. Soweit entsprechen meine Beobach-

tungen denn auch den angezogenen Figuren. In allen meinen zahlreichen Präparaten, in denen durch irgend eine der weiter oben besprochenen Veranstaltungen die mittlere Theilplatte (Intercellularsubstanz) nachgewiesen wird, finde ich auch in allen radialen, oft Hunderte von Zellen in sich fassenden Reihen keine einzige Stelle, welche irgend darauf leiten könnte, dass zwischen den peripherischen primären Hüllstücken dieses Theilstück fehle. Auf diese von Jedermann zu controlirende und mit Sicherheit festzustellende Thatsache hin habe ich dann auch (Flora 1875 No. 11) der Sanio'schen Behauptung widersprochen; auf sie gestützt muss ich diesen Widerspruch auch heute aufrecht erhalten und die »auf Grund entwicklungsgeschichtlicher Raisonnements« offen gehaltene Frage durch meine oben gegebene Entwicklungsgeschichte als im Sinne der Wirklichkeit (soweit dies zur Zeit möglich ist) entschieden ansehen. Ein Vertrauensvotum, wie dies Herr Sanio anzunehmen scheint, verlange ich in Bezug auf diesen Punkt von seiner, wie von anderer Seite ebensowenig, wie für die Darlegung meiner übrigen Beobachtungsresultate. Was ich verlange, das ist, dass man anerkenne, dass ich den ernsten und redlichen Willen habe die Wahrheit und nur die Wahrheit zu suchen. Weiter fordere ich, dass man unter Aufgabe des allem wissenschaftlichen Geiste hohnsprechenden systematisch organisirten Todschweigens, unter Aufwendung der erforderlichen Zeit und der nicht zu erlassenden ernsten, allerdings nicht gerade leichten Arbeit, die mitgetheilten Beobachtungsresultate ohne Voreingenommenheit irgend welcher Art redlich und gründlich prüfe, nicht aber auf Grund einiger an ungenügenden Präparaten erlangten negativen Resultate sich in selbstüberhebender Weise in absprechenden Redensarten bewege. Endlich verlange ich, dass man beim Ausbau der Wissenschaft mit den erkannten Thatsachen, nicht aber mit allgemeinen Raisonnements, mit speculativen Phantasien, angelehrten Vorurtheilen und andern der Wissenschaft als solcher ferne liegenden Dingen rechnet mit einem Worte, dass man der Wahrheit die Ehre gibt, nicht aber die Vertreter von in der Natur wohlbegründeten, auf dem Wege mühsamer Forschung gewonnener Ueberzeugungen in unbegreiflicher Selbstüberschätzung mit Bann und Acht belegt, wie dies seit Jahren von Seiten des herrschenden, sich für unfehlbar haltenden Dogmatismus auch in unserer Wissenschaft geschieht. Meine Präparate stehen Jedermann zur Verfügung und wer sehen will, kann an denselben wohl erkennen, ob ich aus Thatsachen oder aus anderen Dingen meine Ueberzeugungen geschöpft habe.

Den Einwand, welchen Sanio gegen die Entstehung der primären Zellhülle innerhalb der cambialen Zellhüllen (Tochterzellhüllen) S 552, No. 35 der Flora von 1874 erhebt und der vorzugsweise darin gipfelt, dass man diese Neubildung namentlich an der Verdickung der tangentialen Wände der jungen Holzzellen wahrnehmen müsste, ist keineswegs so schlagend,

wie es aussehen mag. Es kann diese Verdickung thatsächlich keine so sehr auffällige sein, wie man wohl, ohne die Natur vor Augen zu haben, anzunehmen geneigt sein könnte. Denn erstlich nimmt die ursprünglich gewiss sehr wasserreiche cambiale Zellhülle schon durch ihren fortschreitenden Wasserverlust und auch wohl in Folge der, auch in den peripherischen Hüllstücken sich geltend machenden, Dehnung an Dickenausmaass ab; und dann erfolgt das Dickenwachsthum der anfänglich äusserst zarten primären Zellhülle durch Intussusception nach und nach, bis es mit deren voller Individualisirung seinen Abschluss erreicht. Die Dickenzunahme der gesammten anscheinend homogenen Lamelle ist also anfänglich eine höchst geringe, bei der fortdauernden radialen Streckung nur allmälig und wenig bemerkbar sich steigernde und in dieser Weise tritt sie denn auch bei genauer Beobachtung in die Erscheinung. Dass sich diese Verhältnisse in den bildlichen Darstellungen nicht so haarscharf wiedergeben lassen, wie sie in das Bewusstsein treten, ist natürlich. Hier sind es vorzugsweise das chemische und das Verhalten im polarisirten Lichte, welche die erforderlichen, begründenden Thatsachen an die Hand geben. Dass Sanio die nach meinen (öfter schon von Andern controlirten) Beobachtungsresultaten ungefärbte feine Linie zwischen den blauviolett oder blau gefärbten primären Zellhüllen junger Gewebetheile »schwach und rasch verschwindend blau«, die letzteren selbst aber violettroth gefärbt sieht, beruht offenbar auf einer Täuschung, über die er sicher hinauskommen wird, wenn er sich nochmals eingehend mit der Sache befassen will. Für die Richtigkeit meiner Farbendeutung scheint mir, ausserdem, dass die von mir beobachtete Färbung an meinen Präparaten von Anderen gleichfalls erkannt worden ist, der Umstand zu sprechen, dass die primären Zellhüllen auch in verdickten, nicht verholzten, wie in verholzten, mittelst der Mazerationsmittel aber von ihren Verholzungsproducten befreiten Geweben ganz analoge Färbung zeigen, wie bei ihrem ersten Auftreten. Im übrigen sind diese Farbendifferenzen Differenzen, welche nur durch Revision unserer beiderseitigen Beobachtungsresultate von berufener Seite (ich bitte Herrn Sanio mir diesen Ausdruck nochmals zu gestatten) und unter Benutzung hinreichend gut hergerichteter Präparate geklärt und zum Austrag gebracht werden können.

Darmstadt, im September 1876.

IV. Die Spiralstreifung der Holz- und Bastfasern.

Die der spiraligen Streifung der Holz- und Bastfasern zu Grunde liegende Structur der Zellhülle ist schon seit langen Jahren Ursache mancher Controversen gewesen und sind darüber verschiedentlich von einander abweichende Ansichten veröffentlicht worden.

Auf die bezüglichen historischen und literarischen Einzelheiten einzugehen können wir uns hier umsomehr ersparen, als dieselben in der betreffenden Arbeit Nägeli's (Sitzungsberichte der Kgl. bairischen Akademie der Wissenschaften 1864 Bd. I, S. 282 u. f.), im 1. Bande der physiologischen Botanik von Hofmeister (S. 210 u. f.) wie in Sachs's Geschichte der Botanik (S. 378 u. f.) so eingehend als erforderlich dargelegt worden und dem Leser wohl ausreichend bekannt sind. Wir wenden uns daher sofort der Untersuchung zu, inwieweit die neueste Hypothese über dieses Structurverhältniss, welche von Nägeli ausgegangen, von Hofmeister, Sachs u. A. in vollem Umfange angenommen worden ist, in den natürlichen Thatsachen ihre Berechtigung findet oder nicht.

Nach den genannten Forschern soll bekanntlich die spiralige Streifung — wie die Schichtung — auf einer Differenzirung in der Richtung der Fläche der Zellhülle und zwar in quadratische oder schiefwinkelig vierseitige Areolen von grösserem und geringerem Wassergehalte, von geringerer und grösserer Dichtigkeit und demzufolge von schwächerem oder stärkerem Lichtbrechungsvermögen beruhen, dieselbe nicht aber, wie andere Botaniker angenommen haben, der Ausdruck von minder stark und stärker verdickten Stellen der secundären Verdickung sein. Als hauptsächliche Beweise für diese Ansicht werden vorzugsweise folgende Behauptungen angeführt:

1. Dass man niemals ununterbrochen in gleicher Dichtigkeit verlaufende, sondern stets aus dichten und weniger dichten vierseitigen Feldern zusammengesetzte helle und dunkle Streifen beobachte, dass also stets in derselben Einstellungsebene und damit in derselben Schicht, demselben Schichtencomplex sich mindestens zwei, meist verschieden geneigte, aus »dichten« und »weichen« Streifen bestehende Streifensysteme durchkreuzen.
2. Dass wasserentziehende Mittel, wie Alkohol, concentrirte Lösungen von Zucker u. s. w. (man denke bei letzteren doch auch an das Lichtbrechungsvermögen!), die Schärfe der Zeichnung vermindern, während dieselbe durch völliges Austrocknen bald mehr, bald minder vollständig und bis zur vollen Unsichtbarkeit verschwinde.

3. Dass Quellung erregende Flüssigkeiten (Aetzkalilauge, Schwefelsäure u. s. w.) durch anfänglich stärkere Beeinflussung der weicheren Streifen die Streifung deutlicher machten, während bei stärkerer Wirkung, wobei die dichten Streifen den wenigdichten ähnlich molecular umgestaltet würden, die Zeichnung unsichtbar werde.

Untersucht man einschlägige, geeignete, d. h. das betreffende Structurverhältniss in ganzer Schärfe klarlegende und die Deutung des mikroskopischen Bildes mit voller Sicherheit gestattende Objecte, wohin die Bastzellen der Chinarinde, die Hanf- und Leinfasern allerdings nicht gehören, auf die Thatsächlichkeit der ersten Behauptung hin, so ergeben sich an denselben folgende Beobachtungsresultate.

Die Fasern des »Herbstholzes« und der benachbarten Holztheile von der Fichte (*Abies excelsa*) zeigen eine deutlich ausgesprochene, wenn auch nicht ganz so scharf wie anderwärts in den Gegensätzen der Lichtverhältnisse ausgesprochene, spiralige, hie und da in netzförmige übergehende Streifung, bei welcher die zwischen den stärker lichtbrechenden Bändern liegende dunkle Streifen bald gleich breit, bald etwas breiter, als jene erscheinen. Eine auf die Mittelebene des Zellhohlraumes gerichtete Einstellung lässt das Bild sich kreuzender, nicht scharf begrenzter Streifen hervortreten. Stellt man dann aber höher oder tiefer ein, so kann man immer nur ein einziges Streifensystem mit scharfer Begrenzung zur Anschauung bringen, während das andere entweder vollständig verschwindet oder doch höchst undeutlich wird (Fig. 21). Eine Gliederung der Spiralbänder ist hier durchaus nicht zu sehen, dieselben erscheinen vielmehr, wie in den angezogenen Figuren dargestellt, in ihrem ganzen Verlaufe gleichstark lichtbrechend. Noch überzeugendere Resultate erzielt man an solchen Schnittstellen, wo durch das Messer die obern oder untern Zellhälften weggenommen und ausserdem die unmittelbar angrenzenden Wandstücke der Nachbarzellen entfernt sind (Fig. 22). Sind derartige Zellstücke oder Zellen durch das Schulz'sche Mazerationsverfahren isolirt worden, so gewinnt das mikroskopische Bild noch an beweisender Kraft und es bleibt für Täuschung noch wenigen Raum.

Eine sehr scharf ausgeprägte, feine, etwa unter Winkeln von 44—46° gegen die Längsachse der Fasern geneigte, rechtsansteigende (im Sinne der rechtsgewundenen Schraube südwestlich, Nägeli) spiralige Streifung mit nahezu gleichbreiten, stärker und schwächer lichtbrechenden Bändern besitzen die eigenthümlich verdickten Zellen des Frühlings- und auch des Herbstholzes der roth gefärbten Stellen von Aesten der Kiefer (*Pinus silvestris*), bei denen nicht selten eine durch natürliche Einflüsse hervorgerufene Trennung in die einzelnen Elemente stattgefunden hat. Auch hier, wo diese Structur nur den inneren Theilen der Zellhülle, d. h. der mittleren secundären Verdickung angehört, beobachtet man an Längsschnitten bei Einstellung

auf die Mittelebene des Zellhohlraumes oder zweier aneinandergrenzenden Zellhüllen, Kreuzung zweier gegenläufigen unscharf gezeichneter Streifensysteme (Fig. 23*a*), während bei geänderter Einstellung nur das allein vorhandene Streifensystem, dann aber scharf begrenzt in die Erscheinung tritt (Fig. 23*b*). Angeschnittene oder halbirte Zellen gewähren hier bei dem oft ziemlich weiten Hohlraum der Fasern und in Folge davon, dass dieselben stellenweise nicht mehr fest mit einander verwachsen erscheinen und sich so zahlreiche einfache, je einer einzigen Zelle angehörige Längswände in den Schnitten vorfinden, sehr instructive nicht zu missdeutende Bilder. So z. B. trifft man häufig dicht neben einander liegende Fasern, an denen abwechselnd die obere oder die untere Hälfte weggenommen ist und in denen dann absolut je nur ein einziges, in den verschieden vom Schnitt getroffenen Fasern in verschiedener Richtung ansteigendes Streifensystem beobachtet wird (Fig. 24*a* u. *b*). Ein anderesmal erscheinen die Zellen, welche nicht ganz gerade verlaufen, so, dass in dem einen Theile die obere, in dem andern die untere Hälfte der Zellhülle erhalten ist, und man dann an einer Zelle die eben geschilderten Verhältnisse vorfindet (Fig. 24*c*). In allen diesen Fällen und ebenso bei Beobachtung isolirter Holzfasern gestaltet sich das scharf eingestellte mikroskopische Bild so, dass eine Gliederung der dichten Bänder, wie der dunklen Zwischenräume in verschieden lichtbrechende Theilstückchen nicht wahrzunehmen ist. Wie man angesichts solcher Thatsachen von einer Gliederung sprechen, dieselbe mit der bekannten Entschiedenheit behaupten kann, ist rein unerfindlich, wenn man eben nicht eine maasslose Befangenheit im Dogma annehmen will.

Die Bastfasern von *Asclepias syriaca*, welche auch — aber meist in weit geringerem Grade ausgeprägt — die bei *Vinca*, *Nerium* u. s. w. bekannten Erweiterungen und Verengerungen des Lumens zeigen, besitzen eine gleichfalls scharf ausgeprägte Spiralstreifung, deren links aufsteigende (südöstlich gerichtete) Bänder an verschiedenen Internodien des Stengels entnommenen Präparaten und zwar in den erweiterten, wie in den verengerten Zelltheilen unter Winkeln von 8—10°, 15—17° und 22—25° gegen die Zellenachse geneigt sind. Diese Streifung ist insofern charakteristisch und von derjenigen der voranstehend betrachteten Holzzellen etwas verschieden, als die stärker brechenden und dunkel gezeichneten Streifen in Bezug auf ihr Ausmaass eine gewisse Unregelmässigkeit zeigen. Die stark lichtbrechenden Bänder besitzen zwar annähernd überall fast die gleiche Breite, dagegen schwankt diejenige der dunklen Zwischenräume zwischen der Hälfte bis dem Zwei- und Dreifachen der Breite jener. Dabei sind diese breiten, an Ausmaass in ihrem Verlaufe wechselnden, bald sich auskeilenden, bald sich bauchig erweiternden Streifen nicht etwa in regelmässigen Intervallen vertheilt, sondern deren relative Anzahl wechselt mannigfach. Bald liegen sie dicht beisammen, mit je einem der stärker licht-

brechenden Bänder wechselnd, bald stehen sie in weiteren Zwischenräumen von einander ab, so dass nach einer Folge von gleichbreiten schmalen Bändern ein breites auftritt (Fig. 26). Dieses Verhältniss kömmt der sicheren Beurtheilung der Structur sehr zu statten.

Soweit ich beobachten konnte, und ich habe zu verschiedenen Zeiten verschiedenen Standorten entnommenes Material untersucht, ist bei den Bastfasern dieser Pflanze nur ein einziges Streifensystem entwickelt, gleichviel ob die Verdickung eine geringere oder eine bedeutendere ist. Von dieser Thatsache überzeugt man sich leicht und sicher an den stärker verdickten Faserzellen von Schnittpräparaten oder auch an gleichgearteten isolirten Fasern, welche ihre ursprünglich auf dem Querschnitte kreisrunde bis rund-elliptische Form ziemlich gut bewahren, d. h. wenig oder gar nicht zusammenfallen. Einstellung auf die Mittelebene des Lumens lässt eine nicht scharf gezeichnete rhombische Felderung erkennen, bei der beide gegenläufige, übrigens gleichansteigende Streifensysteme in gleicher Undeutlichkeit gezeichnet erscheinen (Fig. 25). Hebung des Tubus macht dann das einzige links aufsteigende Streifensystem in scharfer Begrenzung hervortreten (Fig. 26), während Senkung unter die Mittelebene scharf gezeichnete rechts ansteigende Streifen zum Vorschein bringt (Fig. 27) und so die Thatsache feststellen lässt, dass die bei der mittleren Einstellung einander gegenläufigen Streifensysteme nicht als solche vorhanden, sondern nur in dem einzigen Streifensystem begründet sind. Auch hier gewinnt die überzeugende Kraft der Beobachtung einestheils an solchen Schnittpräparaten, wo eine vereinzelt liegende Bastfaser durch den Schnitt in der Mitte getroffen und die eine Hälfte hinweggenommen worden ist (Fig. 28), anderntheils an solchen isolirten Zellen, wo das Ende eines Faserstückes unregelmässig zerrissen wurde und theils die obere, theils die untere Wand für sich allein hervortritt (Fig. 26 unten). Secundäre Diffractionsstreifen lassen sich bei scharfer Einstellung hier ebensowenig hervorrufen, als das scharf gezeichnete Streifensystem durch irgend eine Veranstaltung weniger sichtbar gemacht und ein andersläufiges resp. gegenläufiges an dessen Stelle gebracht werden kann. Ich habe die Bastfasern von *Asclepias* und anderen Pflanzen, die Holzfasern von *Pinus* bei centraler und excentrischer Beleuchtung, freilich unter Anwendung ausgezeichneter Objectivsysteme und scharfer Einstellung auf den obern oder untern Verlauf der Streifen, in möglichst weitgehenden Drehungen in der optischen Achse des Mikroskopes durchlaufen lassen, ohne dass je ein anderes, als das eben scharf eingestellte Streifensystem zur Deutlichkeit gelangt wäre. Wenn Nägeli u. A. hievon abweichende Resultate erzielt haben, so können diese meiner Ansicht nach nur in dem weit verbreiteten, nicht gerade immer krankhaft auftretenden Astigmatismus des Auges ihren Grund haben.

Aehnlich wie die Bastfasern von *Asclepias syriaca* verhalten sich diejenigen von *Asclepias*

Cornuti, *Cynanchum Vincetoxicum*, *Urtica dioica* u. s. w. Bei einzelnen der genannten Pflanzen jedoch besitzen nur die weniger und mässig verdickten Fasern ein einziges Streifensystem, während bei den stärker verdickten ähnliche Structurverhältnisse vorkommen, wie sie weiter unten bei *Nerium Oleander* näher beschrieben werden sollen.

Die Bastfasern von *Vinca* zeigen ein je nach ihrer Form und ihrer Verdickung verschiedenes Verhalten. Diejenigen Fasern, welche keine bemerkenswerthen Erweiterungen des Hohlraumes aufweisen, sind auch in der Regel die stärker verdickten und nähern sich in ihrer Gestalt mehr den gewöhnlichen Bastfasern anderer Gewächse. Sie besitzen meist eine äusserst feine, hie und da auch eine deutlicher ausgeprägte Streifung mit links ansteigender etwa unter 12—14° die Zellenachse schneidender Spiralwindung. Eine noch mässig verdickte Mittelform nähert sich in Bezug auf die Spiralstreifung den Bastfasern von *Asclepias*, obwohl die stärker lichtbrechenden als die dunkleren Bänder der Zeichnung schmäler sind, als dort. An diesen beiden Zellformen kann man sich noch leicht und sicher davon überzeugen, dass nur ein einziges Streifensystem vorhanden ist. Schwieriger wird die Sache bei einer dritten Faserform, wo ziemlich weite, langgezogene Stellen mit ganz engen wechseln und die Verdickung eine verhältnissmässig geringe ist. Diese Fasern zeigen schon auf dem Querschnitt, da wo er die erweiterten Stellen getroffen hat, eine lang elliptische Gestalt, bei der der eine Breitendurchmesser den andern bedeutend überwiegt. Nach der Mazeration fallen diese Stellen noch mehr zusammen und es wird sehr schwer, die auf der dem Beobachter zugewendeten und die auf der dem Beobachter abgewendeten Seite verlaufenden Spiralstreifen getrennt wahrzunehmen. Auf diese Weise erscheint fast bei allen Einstellungen eine schachbrettartige Felderung, welche leicht zu Täuschungen Veranlassung geben kann und offenbar Nägeli und Hofmeister zu ihrer Behauptung von in derselben Schicht vorhandenen gegenläufigen und sich kreuzenden Streifensystemen geführt hat. Die Verwendung von starken guten Objectivsystemen und nicht zu schwachen Ocularen gewährt aber auch hier die Ueberzeugung, dass wir es nur mit einem einzigen Streifensystem zu thun haben und dass die Felderung eine scheinbare ist. Immer erscheint in diesem Falle das gerade genau eingestellte Streifensystem weit schärfer begrenzt, als das andere und es erhält sich dieses Verhalten auch bei Drehung des Objectes um die optische Achse des Mikroskopes und bei verschiedener Neigung der Streifen gegen das einfallende Licht immer in solchem Maasse, dass bei hinreichender Unbefangenheit eine Täuschung nicht gut möglich ist. Der Angabe Hofmeister's, dass die beiden in der That zu der oberen und unteren Wandseite gehörigen Streifensysteme um so gewisser als derselben Schicht angehörig erkannt werden könnten, als man bessere und die besten Objectivsysteme anwende

muss ich auf das entschiedenste widersprechen. Ich habe wohl die besten zur Zeit vorhandenen Objectivsysteme für meine Beobachtungen und deren neuerliche Controlirung verwendet und kann versichern, dass je vollkommener das Objectiv ist, man desto sicherer sich von dem oben geschilderten Sachverhalt überzeugen kann. Eine hie und da erwähnte quer über die Fasern verlaufende Streifung hat mit der feinen Structur der Zellhülle nichts zu thun. Dieselbe tritt nur an etwas stark durch das Mazerationsmittel angegriffenen Zellen auf und beruht auf einer Faltung der primären Zellstoffhülle oder der inneren secundären Verdickungsschicht.

Eine von der bisher geschilderten abweichende feinere Structur macht sich bei den Bastfasern von *Nerium Oleander* bemerkbar. Diese sind meist stärker verdickt, als die der vorher genannten Pflanzen und es zeigt sich die secundäre Verdickung schon auf dem Querschnitt als aus zwei deutlich von einander abgegrenzten Schichtencomplexen bestehend. Jeder dieser Schichtencomplexe kann sein eigenes Streifensystem besitzen, und es kann der Winkel, unter welchem diese gegen die Zellenachse geneigt sind, für beide gleich oder verschieden sein. So kömmt dann auf der ober- und unterhalb der Mittelebene gelegenen Zellhüllhälfte eine — allerdings nicht in demselben Schichtencomplex gelegene — Kreuzung zu Stande. In andern, freilich viel seltneren Fällen bleibt entweder der äussere oder der innere Schichtencomplex ohne Streifung, während der andere sie besitzt. Demgemäss tritt dann eine der vorher beschriebenen ähnliche Configuration der Zellhülle auf. Im ersteren Falle werden der Nägeli-Hofmeister'schen Auffassung sehr zu Gunsten sprechende mikroskopische Bilder erhalten. Namentlich ist dies der Fall, wenn man eine mittlere Einstellungsebene wählt, so dass die Einstellungsebene den sich berührenden Grenzflächen der beiden Schichtencomplexe sehr nahe liegt. Zwei gleich und annähernd scharf begrenzte Streifensysteme erscheinen dann in Kreuzung und rufen eine Felderung hervor, welche den Anschein gewährt, als ob die Zellhülle aus abwechselnd stärker und schwächer lichtbrechenden rhombischen Prismen zusammengesetzt sei (Fig. 29). Aendert man aber die Einstellung, so wird das Bild sofort ein ganz anderes. Beim allmäligen Heben des Tubus tritt endlich an den stärker verdickten Fasern und namentlich an den engeren Stellen das in dem äusseren Schichtencomplex gelegene, links aufsteigende Streifensystem allein ohne Sichtbarkeit des anderen, oder an weniger stark verdickten Fasern ersteres allein scharf begrenzt hervor, während das dem inneren Schichtencomplexe angehörige nur noch und zwar mit den breiteren dunklen Streifen verschwommen durchscheint (Fig. 30). Beim allmäligen Senken des Tubus findet eine Umkehrung des Verhältnisses statt, indem jetzt das innere Streifensystem nur allein, oder allein scharf begrenzt, das äussere dagegen nur matt und verschwommen gesehen wird (Fig. 31). Einstellung auf die Mittelebene des Hohlraumes ruft eine verschwommene Zeichnung hervor und lässt von den Streifensystemen kaum mehr etwas

Sicheres erkennen (Fig. 32). Ein noch weiteres Senken des Tubus bringt zuerst das innere Streifensystem für sich (Fig. 33), dann die annähernd scharfe Kreuzung endlich das äussere Streifensystem zur Entwicklung, ohne dass aber die Bilder die volle Schärfe erreichen, welche diejenigen oberhalb der Mittelebene besitzen. Lässt sich hier auch in den erwähnten Fällen bei scharfer Einstellung nur eines Streifensystemes das zweite nicht ganz entfernen, und tritt demzufolge eine scheinbare Felderung auf, so liefert doch das Verhalten der stärker verdickten Bastfasern von *Nerium*, an welchen eine Zusammensetzung der Streifen aus wasserreichen und wasserarmen Areolen nicht erkannt wird, wie dasjenige der weiter oben behandelten Objecte den Beweis, dass wir es in diesem Fall mit dem ganz gleichen Structurverhältniss zu thun haben, wie dort. Diesem Beweise kömmt dann noch weiter die Thatsache zu Hülfe, dass bei mittelst der Nadel zerrissenen, isolirten Fasern, wo sich die Schichtencomplexe oft stellenweise abgelöst und einzeln der Beobachtung darbieten, stets nur ein Streifensystem ohne jegliche Differenz in der optischen Beschaffenheit der stärker lichtbrechenden und der dunkleren Bänder in die Erscheinung tritt.

Aus den mitgetheilten Beobachtungsresultaten ergibt sich, dass in der gesammten secundären Verdickung (die primäre Zellhülle verbleibt immer homogen), oder wo eine Theilung derselben in gleichsam individualisirte Schichtencomplexe vorhanden ist, in jeder dieser letzteren nur ein einziges Streifensystem ausgebildet ist. Die Kreuzung gegenläufiger Streifensysteme, wie sie von Nägeli, Hofmeister, Sachs u. A. behauptet wird, ist daher eine nur scheinbare und diese scheinbare Kreuzung bewirkt das Aussehen, als ob die secundäre Verdickung der Zellhülle aus abwechselnd stärker und schwächer lichtbrechenden, schachbrettartig angeordneten vierseitigen Felderchen zusammengesetzt sei. Die unter 1 angeführte, von Nägeli, Hofmeister, Sachs u. A. vertretene Behauptung ist Beobachtungsfehlern entsprungen, deren Resultat allerdings um so williger als Ausdruck des natürlichen Thatbestandes genommen wurde, als es den theoretischen Deductionen sich ganz ausgezeichnet anzuschmiegen im Stande war und ihnen eine nicht gerade so obenhin zu controlirende Stütze bot.

In Bezug auf den zweiten Punkt sagt Nägeli a. a. O. S. 289: »Beim Eintrocknen verschwinden die Dichtigkeitsstreifen mehr oder weniger;« dann Sitzungsberichte 1864 Bd. II S. 149: »Die Zeichnungen, welche der ungleiche Wassergehalt in befeuchteten Körpern hervortreten lässt, verschwinden in trockenem Zustande, so die Schichtung und Streifung;« endlich in Nägeli und Schwendner, Das Mikroskop 2. Auflage S. 216: »Im vollkommen trockenen Zustand ist selbstverständlich keine Schichtung vorhanden.« Hofmeister, Physiologische Botanik Bd. I fährt auf S. 197, nachdem er vorher den gefelderten Bau der Zellhülle beschrieben hat

fort: »Bei Austrocknung der Zellhaut wird dieser feine Bau derselben undeutlich oder er verschwindet.« Auf S. 199 heisst es: »Zusatz concentrirter Lösungen von Zucker, Glycerin u. s. w. macht sie (die Streifung) undeutlicher; Auswaschen mit absolutem Alkohol in noch höherem Grade, so dass meist das eine Streifensystem der Beobachtung entschwindet. Noch mehr tritt die Streifung zurück, wenn die Zellen völlig austrocknen und innerhalb einer Luftschicht beobachtet werden. In diesem Falle verschwindet die Streifung bisweilen völlig an Zellen, welche befeuchtet sie aufs deutlichste zeigen.« Dann S. 210: Die Erscheinung, dass mit der Austrocknung der Zellhaut die Streifung der Fläche derselben undeutlich wird oder verschwindet, ist eine ganz allgemeine.« In ähnlicher Weise sprechen sich Sachs u. A. aus.

Um die Uebereinstimmung oder Nichtübereinstimmung dieser Sätze mit dem natürlichen Verhalten zu prüfen, habe ich folgende Wege eingeschlagen. Zunächst habe ich Längsschnitte sowohl, als isolirte Faserzellen der sämmtlichen im Vorausgehenden genannten Objecte einen bis mehrere Tage der Einwirkung von absolutem Alkohol ausgesetzt, dann die aus der Flüssigkeit genommenen Präparate theils rasch und scharf, theils allmälig und unter Deckglas getrocknet.

Was nun die in Alkohol ausgewaschenen, also ihres Imbibitionswassers soviel wie möglich beraubten Präparate betrifft, welche in Alkohol betrachtet wurden, so habe ich bei keinem einzigen eine den anderseitigen Angaben entsprechende Verminderung der Deutlichkeit wahrnehmen können. Die etwa erkennbaren Unterschiede sind höchstens derart, wie sie durch die Verschiedenheit in dem Lichtbrechungsvermögen bedingt werden, jedenfalls aber völlig unerhebliche. Die getrockneten und in Luft beobachteten Präparate, die ich zu Jedermanns Einsicht und für meine Demonstrationen aufbewahrt habe und die noch heute (nach 10 und 15 Jahren) ganz und gar ihr früheres Aussehen besitzen, zeigen geradezu ein dem von der Differenzirungshypothese geforderten, von Nägeli, Hofmeister u. A. behaupteten entgegengesetztes Verhalten. Ueberall treten an den allerdings unschönen Präparaten von Längsschnitten und isolirten Fasern die Streifen unendlich viel schärfer hervor, als an den unter Wasser beobachteten oder in Chlorcalium liegenden. Die vorher grauen »schwach lichtbrechenden« Streifen erscheinen nun völlig dunkel und neben ihnen heben sich die stark lichtbrechenden Bänder glänzend hervor (Fig. 34—36). Es tritt unter den vorliegenden Umständen also weder eine Veränderung der Sichtbarkeit, noch ein vollständiges Verschwinden der Spiralstreifung ein und es muss im Angesichte dieser übrigens leicht zu controlirenden Thatsachen den Anschein gewinnen, als ob die genannten Forscher niemals eines seines Wassergehaltes beraubtes resp. getrocknetes und in einer Luftschicht beobachtetes Präparat vor Augen gehabt, sondern ihre bezüglichen Behauptungen — wie in anderen Fällen — mit einziger Rücksicht auf das einmal

aufgestellte Dogma einfach hypothetisch deducirt hätten. Auch der weiteren Behauptung, dass getrocknete oder mit Alkohol ausgewaschene Präparate in Wasser die Streifung nicht wieder in ihrer früheren Deutlichkeit erscheinen liessen, muss ich widersprechen; sie steht mit den Thatsachen keineswegs in Einklang.

Diesen schon früher (Mikroskop Bd. II S. 83) kurz angedeuteten Thatsachen gegenüber sucht Prof. Sachs in der neuesten Auflage seines Lehrbuches der Botanik die Differenzirungshypothese zu retten, indem er dieselben als einseitige hinstellt. Er sagt zu dem Ende: »Sind aber die dichten Streifen sehr dicht, die wasserreichen sehr weich, wie bei manchen Holzzellen *(Pinus silvestris)*, so wird die Streifung auch durch Austrocknung deutlicher, weil dann die dichten Streifen hervorragen, die weichen einsinken.« Der genannte Forscher befindet sich hier im Gegensatz mit Nägeli und Hofmeister, welche unter allen Umständen eine Verminderung der Deutlichkeit erschlossen haben. Nun ist es allerdings richtig, dass weiche, wasserreiche Streifen beim Eintrocknen an Substanz und folglich auch an Volumen verlieren. Aber auch die dichten Streifen erleiden einen gewissen Verlust und ob dann Unterschiede in den Niveaudifferenzen hervorgerufen werden, wie sie Sachs annimmt, der uns dann doch auch noch den Beweis für die für »manche« Zellen vorausgesetzte Wassergehaltsdifferenz schuldig wäre, ist um so zweifelhafter, als die Volumveränderung gemäss der Austrocknungserscheinung doch wohl auch in anderer als der radialen Richtung zur Geltung kommen, d. h. eine Verschmälerung der weichen Streifen veranlassen würde. Dass aber die Sachs'sche Erklärungsweise nicht für meine Beobachtungsresultate in Anwendung zu bringen sein dürfte, beweisen folgende Thatsachen. Erstlich, dass bei nicht eingetrockneten, sondern mit ihrem Imbibitionswasser (siehe weiter unten!) noch behafteten Faserzellen, die in Canadabalsam eingeschlossen werden, bei denen also von einem Einsinken der weicheren Schichten in keiner Weise die Rede sein kann, einzelne dieser Zellen oder Stücke derselben, in welchen das Einschlussmittel die in dem Hohlraum befindliche Luft nicht verdrängen konnte, gerade an diesen Zellen oder Zellstücken die Spiralstreifung in derselben entschiedenen Schärfe hervortritt, wie bei Luftpräparaten (Fig. 37). Zweitens, dass nicht »manche Holzzellen« sondern dass alle bisher von mir untersuchten spiralig gestreiften Zellen die Streifung im trocknen Zustande deutlicher zeigen, als im befeuchteten. Endlich der Umstand, dass die von mir beschriebene Erscheinung auch bei sehr wenig verdickten Zellen, so z. B. bei den Parenchymzellen aus den Knollen der Georginen, wo doch zum Einsinken der weichen Schichten wahrlich wenig Raum bleibt, in ihrer vollen Schärfe hervortritt, wie ich es an betreffenden Präparaten nachweisen kann. Eine andere Ausnahme, die aus der Noth helfen

könnte, existirt nicht, wenigstens ist sie weder von Andern, noch von Sachs, noch von mir bisher aufgefunden worden.

Ich meine, schon die voranstehenden Resultate lassen gelinde Zweifel darüber entstehen, ob wir es hier mit Dichtigkeitsstreifen zu thun haben; noch mehr werden diese durch die folgenden Thatsachen erregt.

Zellen mit schmalen Spiralbändern und ebenso schmalen unverdickten Zwischenräumen, wie z. B. die äussersten Zellenlagen in der Rinde von Orchideenluftwurzeln zeigen ganz dieselbe Zeichnung, wie spiralig gestreifte Parenchymzellen, Holz- und Bastfasern, und doch hat man niemals versucht, diese Structur auf eine Differenzirung der Zellfläche in wasserarme und wasserreiche Streifen zurückzuführen. Man konnte das einfach nicht wagen und hätte man es gethan — wie auch bei der Zellfolge von *Ulothrix zonata* u. s. w. schon die Differenzirungshypothese zu spuken beginnt, so hätte man schliesslich alle Verdickungsformen auf Differenzirung zurückzuführen. Nun lassen aber diese Spiralzellen beim Eintrocknen ganz das gleiche Verhalten beobachten, wie die spiralig gestreiften Zellformen und legen den Gedanken an eine Aehnlichkeit der feineren Structur der Zellhülle in beiden sehr nahe.

Ueberall, wo Dichtigkeitsunterschiede vorhanden sind, werden diese durch das Einschluss- oder Umhüllungsmittel der betreffenden Präparate, welche allerdings, wie ich schon früher hervorgehoben habe (Mikroskop, Bd. II, S. 69), in einem Zustande eingelegt werden müssen, in dem sie äusserlich anhaftende Feuchtigkeit nicht mit sich führen, sondern nur das Organisations- resp. Imbibitionswasser noch enthalten, nicht alterirt. Querschnitte von *Quercus*, *Pinus silvestris* und anderen Laub- und Nadelhölzern zeigen in Canadabalsam eingelegt sofort nach der Umhüllung, wie nach jahrelangem Verharren in dem Harze die primäre Zellhülle und die dichte innerste secundäre Schichtlamelle (»tertiäre Membran«) ebenso deutlich von der mittleren secundären Verdickung abgehoben, wie bei Umhüllung von Wasser und dgl. Aehnliche Schnitte durch die Bastfasern von *Caryota urens* u. a. Palmen, durch die vielfach geschichteten Zellen von *Lycopodium* (namentlich einer mexikanischen Art); *Begonia* u. s. w., lassen sofort und nach jahrelangem Liegen die differenten Schichtlamellen auf das schönste erkennen. In gleicher Weise treten an allen genannten Objecten bei der Umhüllung mit Tolubalsam, Cassia- und Anisöl und Schwefelkohlenstoff die verschieden dichten Zellhülltheile auf das entschiedenste hervor. Das gleiche Verhalten müsste man folgerichtig bei der spiraligen Streifung erwarten. Es müsste dieselbe, wenn sie durch Dichtigkeitsunterschiede veranlasst ist, an Präparaten, welche von Canadabalsam, Tolubalsam, Cassiaöl, Anisöl und Schwefelkohlenstoff umhüllt werden, ebenso gut und in gleicher Weise sichtbar sein, wie an solchen, welche von Wasser oder

wässerigen Flüssigkeiten umspült werden. Ich habe das schon a. a. O., S. 69 u. f., hervorgehoben und Nägeli selbst empfiehlt in beiden Auflagen des Mikroskopes dieses Verfahren zur Unterscheidung von Dichtigkeits- und Niveauunterschieden. Selbst wenn man mit Hofmeister annehmen wollte — und dazu wird wohl kaum Jemand Lust verspüren, der einmal das Verhalten der Querschnitte der oben genannten Zellenarten in verschieden lichtbrechenden Medien beobachtet hat, — dass das Organisationswasser oder wenn man so will, das Imbibitionswasser nach längerer Zeit durch dem Wasser nicht adhärirende Flüssigkeiten verdrängt und diese an seiner Stelle imbibirt werden könnten, müssten eben eingelegte Präparate durch dieses Verhalten doch noch nicht beeinflusst sein können und das beanspruchte mikroskopische Bild gewähren. Die Beobachtungsresultate an in verschieden lichtbrechenden Flüssigkeiten eingehüllten, spiralig gestreiften Zellen sind aber folgende: Spiralig gestreifte Zellen des verschiedensten Herkommens und mit verschiedener Stärke der secundären Verdickung lassen im allgemeinen die Spiralstreifung um so weniger deutlich erkennen, je mehr die umhüllende Flüssigkeit sich in ihrem Brechungsvermögen von dem des Wassers entfernt und sich dem des Zellstoffes nähert. Schon im Chlorcalcium wird der Unterschied zwischen den hellen und dunklen Bändern etwas schwächer, als im Wasser, in Glycerin steigert sich dieses Verhältniss noch mehr und in Canadabalsam wie in Bittermandelöl wird die Zeichnung in dem Maasse weniger leicht sichtbar, als es der Unterschied in dem Lichtbrechungsvermögen zwischen diesen Flüssigkeiten und dem Wasser bedingt (Fig. 37). Noch frappantere Resultate liefert die Umhüllung mit noch stärker lichtbrechenden Mitteln. Unter Schwefelkohlenstoff, der die innerste secundäre Verdickungslamelle (»tertiäre Membran«), welche wiederum etwas schwächer bricht als die primäre Zellhülle, etwas an Lichtbrechungsvermögen übertrifft, kehrt sich die Zeichnung insofern gerade um, als jetzt in Verbindung mit der röthlichgrauen secundären Verdickung gleich gefärbte Bänder auftreten, zwischen denen etwas hellere bis zur secundären Verdickung reichende Bänder verlaufen (Fig. 38), während im Wasser stärker lichtbrechende Bänder und secundäre Verdickung in Zusammenhang stehen und die dunkleren Bänder zwischen den helleren und bis an die letzteren reichend verlaufen. Cassiaöl, welches ein der inneren secundären Schichtlamelle etwa gleiches, nur wenig höheres Lichtbrechungsvermögen besitzt, bringt unter ähnlichen Verhältnissen wie oben geschildert, die Streifung fast völlig zum Verschwinden.

Dichtigkeitsunterschiede zeigt dieses Verhalten ebensowenig an, als dasjenige, welches die oben beschriebene und beobachtete Einwirkung des absoluten Alkohols und der Austrocknung zur Erscheinung bringt.

Die Wirkung Quellung veranlassender Flüssigkeiten im Sinne der verschiedenen Quellungs-

fähigkeit der weichen und dichten Streifen ist von Nägeli in seiner mehrfach angezogenen Arbeit, in der er unter No. 11, S. 151 allerdings sagt, dass es sich bei der Quellung namentlich um den Gegensatz zwischen dichten und weichen Lamellen handle, nicht besonders betont worden und kann das, was er dort über die Quellungsvorgänge der Bastfasern vorgebracht hat, wohl kaum im Sinne seiner Hypothese und als Beweis für dieselbe verwerthet werden, da diese ebensogut unter andere Annahmen erfolgen können. Es sind mehr vereinzelte hie und da in verschiedenen Veröffentlichungen zerstreute, nicht immer direct bezügliche Bemerkungen und Hinweise, aus denen man entnehmen kann, dass er eine differente Quellungsfähigkeit annimmt. Auch Hofmeister spricht bei der Betrachtung »differenter Quellung von Parallelstreifen« vorzugsweise nur von den Zellhüllen der Frucht- und Samenschalen mancher Cruciferen, Labiaten, Polemaniaceen, Plantagineen u. s. w., scheint aber eine stärkere Quellungsfähigkeit auch der dunklen (»weichen«) Streifen anderer spiralig gestreiften Zellformen, wie der Holz- und Bastfasern gleichfalls anzunehmen. Diese Annahme ist denn auch, wie aus dem Verhalten der dichten und weichen Schichtlamellen, welches unter No. II näher dargelegt worden ist, hervorgeht, unter den von Hofmeister gesetzten Prämissen eine logisch richtige. Wenn die Zellhülle in ihrer Fläche in wasserreiche weiche und wasserarme dichte Streifen differenzirt, dann müssen unter dem Einflusse von quellungerregenden Flüssigkeiten, wie von Alkalien, Säuren u. s. w. die weicheren Streifen zunächst und vorzugsweise ergriffen und es müssen dieselben neben anders gerichteter Volumvergrösserung in mehr oder minder hohem Grade auch in der Richtung senkrecht zu ihrem Verlaufe verbreitert werden.

Untersucht man die hier für uns in Betracht kommenden Zellenformen auf dieses Verhalten hin, so zeigt sich der natürliche Sachverhalt keineswegs der von Hofmeister u. A. gemachten Voraussetzung entsprechend.

Zur Ermittlung der einschlägigen Thatsachen, die ich hier natürlich nur insoweit, als sie Bezug auf das in Frage kommende Structurverhältniss haben, in Betracht ziehen werde, wurden Schnittpräparate sowohl, als isolirte Faserzellen aus dem Holze von *Abies excelsa*, *Pinus silvestris*, dann aus dem Baste von *Asclepias syriaca* und *Cornuti*, *Cynanchum vincetoxicum*, *Urtica dioica*, *Nerium Oleander* u. s. w., mit Schwefelsäure, Kalilauge und schwefelsaurem Kupferoxydammoniak behandelt und das Verfahren verschiedentlich abgeändert. Einmal wurden die verschiedensten Concentrationsgrade der Quellungsmittel verwendet und dann die Präparate kürzere oder längere Zeit in diesen verweilen gelassen und zwar entweder einfach unter Deckglas, oder in Uhrschälchen von grösseren Flüssigkeitsmengen umhüllt.

Wässerige Schwefelsäure in verschiedenen Verdünnungsgraden angewendet, verändert das

Aussehen der Präparate kaum. Namentlich war an ihrer Einwirkung ausgesetzten Faserzellen keine Verbreiterung der dunklen Streifen zu beobachten (Fig. 39, 40). Bei allmäligem Zufügen von concentrirter Schwefelsäure ändert sich das Verhalten. Bei weniger intensiver Wirkung nehmen die stärker lichtbrechenden Bänder etwas von dem Reagenz auf, werden weniger glänzend und verbreitern sich um Weniges, während die Neigung der Spirale etwas geringer wird und die primäre Zellhülle sich von der secundären Verdickung trennt. Die dunklen Streifen liessen eine Verbreiterung nicht erkennen und es wurden die Zwischenräume zwischen den stark brechenden Streifen nicht vergrössert. Alles dies kann namentlich da mit Sicherheit festgestellt werden, wo bei einzelnen Fasern die obere oder untere Zellhälfte an Schnitt- oder Zerreissungsstellen über die andere hervorragt und die aus der primären Zellhülle hervorstehenden Spiralstreifen frei in der Flüssigkeit liegen, also in ihrer Volumveränderung nicht behindert werden (Fig. 39 oben). Bei noch kräftigerer Einwirkung der stärkeren Säure lagern die hellen Bänder bald grössere Mengen des Reagenzes ein und die Neigung der Spirale vermindert sich noch etwas mehr als vorher, während die primäre Zellhülle bandartig zerrissen wird, sich theilweise ablöst und die secundäre Verdickung, deren Spiralbänder sich gruppenweise von einander trennen, ohne dass zwischen den einzelnen hellen Streifen die Entfernung sich ändert, bauchig hervorquellen lässt (Fig. 41). An abgeschnittenen oder zerrissenen Fasern werden die einzelnen Schichten und Schichtencomplexe von diesen Stellen aus rasch und fast ruckweise gelöst; die hellen Bänder werden blasser, bleiben aber vorerst in ihrer ursprünglichen Entfernung von einander; dann verbreitern sie sich fast plötzlich stark, strahlen besenförmig aus einander (Fig. 41) und verschwinden mit einemmale zu einer körnigen Masse aufgelöst. In gleicher Weise setzt sich der Prozess gleichsam ruckweise nach dem andern Zellende hin fort. Bei *Nerium*, wo, wie schon berichtet, in den stärker verdickten Fasern zwei Streifensysteme vorkommen, sieht man hie und da unter günstigen Umständen und an geeigneten Bruch- oder Zerreissungsstellen die Streifensysteme der einzelnen Schichtencomplexe sich nach entgegengesetzten Richtungen aufrollen (Fig. 42), und kann auf das klarste erkennen, dass dieselben nicht zu zweien ein und demselben Schichtencomplex angehören. Niemals konnte ich während des Quellungsverlaufes eine Zusammensetzung der Spiralbänder je eines Schichtencomplexes aus abwechselnd stärker und schwächer lichtbrechenden Elementen wahrnehmen. Dieselben verbleiben unter schwächeren und stärkeren Concentrationsgraden der Säure und zu allen Zeitpunkten der Einwirkung bis zu ihrer endlichen Auflösung homogen.

Kalilauge wurde in zwei verschiedenen Verdünnungsgraden, nämlich 1 : 10 und 1 : 5, jede für sich, die erstere noch weiter verdünnt und beide in verschiedenen Verhältnissen mit ein-

ander gemischt verwendet. Die der Flüssigkeit ausgesetzten Präparate wurden theils sofort und längere Zeit stetig beobachtet, um dann nach grösseren Zwischenräumen erneuter Beobachtung unterworfen zu werden, theils wurden sie als Längsschnitt, oder in Form von, nach der Mazeration noch zusammenhängend verbliebenen Stückchen in Uhrschälchen in Kalilauge eingelegt, ein bis zwei Tage stehen gelassen und dann in demselben Mittel untersucht. Das Resultat blieb in Bezug auf das Verhalten der Streifung unter allen Umständen das gleiche. Während die Schichten in ihren weichen Lamellen (und es wurde dies an Querschnitten controlirt) unter dem Einflusse des Aetzkalis sich verbreitert hatten, blieben die dunklen Streifen in ihrem Breitenausmaasse unverändert. Ich lege zwar für die in Frage stehenden Objecte keinen allzugrossen Werth auf Messungsresultate, da die Breite der dunklen Streifen, wie schon oben erwähnt, mannigfach wechselt. Dennoch will ich einige Messungen anführen, welche immerhin gewisse Anhaltspunkte zur Beurtheilung gewähren mögen. Ich mass eine grössere Anzahl von nach meiner Schätzung etwa gleichbreiten Streifencomplexen (d. h. zwischen je zwei breiteren dunklen Streifen gelegene, ziemlich gleichbreite Streifen), welche je 4 helle und 3 dunkle Bänder enthielten und fand im Mittel folgende Werthe:

1. an Längsschnitten Breite senkrecht zur Neigung . . . . . 7,5 Mikr.
2. » isolirten Fasern » » » » . . . . . 7,7 »
3. » an 1 Tag in Kali gelegenen Fasern Breite senkrecht zur Neigung 7,6 »

Dies sind nun allerdings Resultate, welche an ausgesuchten Stellen der drei Präparatenarten genommen scheinen könnten. Wenn ich aber zufüge, dass das kleinste Ausmaass solcher Complexe 6,6 Mikr., das grösste bei noch einigermassen normaler Zusammensetzung 8,2 Mikr. betrug, so wird der falsche Schein verschwinden. Nimmt man nun an, dass die dunklen Streifen auch nur wenig in der auf der Spiralrichtung senkrechten Ausmessung gequollen wären, so hätten nach der Quellung doch immerhin Ausmaasse zum Vorschein kommen müssen, welche von den verzeichneten wesentlich abgewichen hätten. Ich glaube mich daher zu dem Ausspruche berechtigt, dass eine Vergrösserung in dem Breitendurchmesser der dunklen Streifen durch die Einwirkung von Kalilauge nicht hervorgerufen wird.

Die Einwirkung des schwefelsauren Kupferoxydammoniaks, welches ich auf Holz- und Bastfasern angewendet habe, führt im ganzen und grossen zu denselben Resultaten, wie die vorgenannten Mittel. Die Endwirkung, welche ich aber nicht durch alle der von mir zu verschiedenen Zeiten verwendeten und aus verschiedenen Laboratorien stammenden Lösungen habe hervorrufen sehen, gleicht einigermassen derjenigen von stärkerer Schwefelsäure und ist deren

Resultat insofern noch etwas instructiver als sie langsamer abläuft und die Spiralstreifen eine schwachblaue Färbung zeigen. Eine diesbezügliche Abbildung findet sich a. a. O. S. 84, Fig. 25. Man sieht, das Verhalten der dunklen Streifen in der Richtung der Fläche der Zellhülle stimmt mit demjenigen der weichen Schichtlamellen keineswegs nur entfernt überein und führt zu dem Schlusse, dass wir es hier nicht mit einem gleichartigen Structurverhältniss zu thun haben.

Die Resultate, welche in Bezug auf die drei eingangs als Stützen für die Differenzirungshypothese und die daraus abgeleiteten Structurverhältnisse der Spiralstreifung von Holz- und Bastfasern und Parenchymzellen aufgeführten Punkte aus dem wirklichen Thatbestand sich ergeben, lassen sich kurz folgendermaassen zusammenfassen.

Eine Felderung der Zellhüllfläche in dem Sinne Nägeli's und Hofmeister's existirt nicht, da niemals in derselben Schicht oder in demselben Schichtcomplexe sich zwei Streifensysteme kreuzen. Wo eine scheinbare Kreuzung beobachtet wird, rührt dieselbe entweder davon her, dass man den Verlauf der Spiralstreifen auf den dem Beobachter zu- und abgewendeten Hälften der Zellhülle oder von zwei unmittelbar an einander grenzenden, einer oberen und unteren Zelle angehörigen Zellhüllen zugleich wahrnimmt (*Pinus*, *Abies*, *Asclepias*) oder sie wird durch zwei gegenläufige verschiedenen Schichtencomplexen angehörende Streifensysteme derselben Zellhüllhälfte hervorgerufen (*Nerium* u. s. w.). Weder wasserentziehende Mittel, noch Austrocknung vermögen die bei der Umhüllung mit Wasser beobachtete Streifung zu schwächen oder verschwinden zu machen; im Gegentheil diese tritt in Folge der Austrocknung schärfer hervor, indem der Unterschied in der Lichtvertheilung zwischen hellen und dunklen Streifen vermehrt wird und zwar in dem Maasse als das Lichtbrechungsvermögen von Wasser und Luft verschieden ist. Stärker lichtbrechende Mittel als Wasser vermindern die Sichtbarkeit der Streifung, sofern sie in den Hohlraum der Zelle eindringen können und lange bevor sie (was überhaupt sehr fraglich erscheint) das Organisations- resp. Imbibitionswasser verdrängt haben können, bringen hier also eine ganz andere Wirkung hervor, wie bei Dichtigkeitsunterschieden, insbesondere bei den dichten und weichen Schichtungslamellen. Durch die bekannten Quellungsmittel werden die dunklen Streifen nicht in der Weise beeinflusst, wie es bei den weichen, wasserreicheren Schichtenlamellen der Fall ist, diese Streifen ändern bei der Quellung ihre Dimensionen nicht.

Diese Resultate nun stimmen auf das vollständigste mit denjenigen überein, welche man unter Anwendung gleicher Beobachtungsmethoden an Zellen erlangt, welche, allgemein zugestanden, schmale Spiralbänder als secundäre Verdickung und fast ebenso schmale unverdickte

Zwischenräume besitzen. Es ist somit der Schluss gerechtfertigt, dass wir hier nicht eine Differenzirung der Zellhülle in ihrer Fläche in dichte und weniger dichte Streifen oder Felder, sondern eine den Formen spiralförmig verdickter Parenchym- und Röhrenzellen ähnliche spiralige Verdickung, welche füglich den Namen »spiralige Streifung« beibehalten kann, vor uns haben, bei der die hellen Streifen den verdickten Stellen, die dunklen den unverdickten Zwischenräumen der Zellhülle entsprechen.*) Untersuchen wir zum Schlusse das vorliegende Structurverhältniss nach anderer Richtung hin, so ergeben sich Thatsachen, welche mit den in dem Voranstehenden mitgetheilten und dem daraus gezogenen Schlusse in bester Uebereinstimmung stehen. Ich beschränke mich bei diesen Untersuchungen auf die genaue Analyse fertiger Zustände an ein paar Objecten, welche die Sache klarzulegen im Stande sind. Die Entwicklungsgeschichte der Streifen, wie ich sie a. a. O., S. 82, Fig. 25 für *Nerium* kurz beschrieben habe, vervollständigt zwar den Beweis dafür, dass in jedem Schichtencomplexe nur ein einziges Streifensystem vorhanden ist, sie kann jedoch für sich allein nicht als vollgültiger Beweis für die thatsächlich vorhandene Structur gelten. Man kann eben das Auftreten der Streifung ebensowohl als Folge der Differenzirung in der Fläche, wie der Verdickung auffassen und nur die oben gebrauchten Hülfsmittel der Beobachtung vermögen auch hier den wahren Sachverhalt zu enthüllen. Sie würde uns also nichts wesentlich Neues liefern und begnüge ich mich damit, derselben einfach gedacht zu haben.

Die gestreiften Holzfasern in dem äusseren Theile der Jahresringe von *Abies excelsa* gewähren auf feinen Längsschnitten Bilder, wie sie in den Figuren 22, 32 und 44 dargestellt sind. Die auf der Flächenansicht hervortretenden dunklen Streifen werden hier, wie der Augenschein lehrt, durch seichtere oder tiefergehende Einsenkungen der mittleren, weichen secundären Verdickung hervorgerufen, denen sich die innere dichte Schichtlamelle (»tertiäre Membran«) genau anschmiegt. Die weniger dichte, ziemlich mässig entwickelte mittlere Zellhüllschicht ist daher an den zwischen den hellen Spiralstreifen liegenden Stellen weniger verdickt als an anderen Stellen, welche unter der Gestalt der letzteren hervortreten. An etwas dicken Längsschnitten gewinnt man Ansichten, welche dazu verleiten könnten, die Verdickung in die innerste dichte secundäre Lamelle (»tertiäre Membran«) zu verlegen, weil man daran die Ansatzstellen der Spiralbänder an den Wandseiten wie knötchenförmige Verdickungen sieht; allein

*) Wo statt der Spiralstreifen Ringstreifen auftreten, wie sie Nägeli beobachtet hat und wie sie hie und da bei Nadelhölzern vorkommen, da gehören auch diese der Verdickung an und beruhen ebensowenig auf Differenzirungsvorgängen, wie die ersteren.

gelungene Schnitte belehren sofort eines andern, indem man die von der inneren Lamelle umgebenen Hervorragungen der weichen Lamelle deutlich erblickt. Dieses Structurverhältniss erkennt man an frischem Material, bei welchem von einer Eintrocknung und einem durch diese veranlassten Einsinken der weichen Lamelle keine Rede sein kann. Dass keine Differenzirung in der Zellhülle senkrecht auf die Schichten vorhanden ist, geht daraus hervor, dass auf dem ganzen Verlauf der durchschnittenen Längswände keine Unterschiede im Lichtbrechungsvermögen zu beobachten sind. In dem Umstande, dass die weniger verdickten Stellen der weichen secundären Verdickungslamelle nicht durch die ganze Dicke dieser letzteren verlaufen und so nur geringe Dickenunterschiede zur Geltung kommen lassen, ist der Grund zu suchen, dass die Spiralstreifung hier nicht so scharfe Gegensätze zwischen den stark lichtbrechenden Streifen und den dunklen Zwischenräumen erkennen lässt, wie es z. B. bei den eigenthümlich verdickten Astholzzellen von *Pinus silvestris* und den Bastfasern der Asclepiadeen u. s. w., wo bei beträchtlicher Dicke der Zellhülle in mehr oder weniger regelmässigen Abständen breitere dunkle Streifen wechseln, der Fall ist.

Etwas schief, am besten unter einem Winkel von nahe 45° zur Längsachse der beschriebenen spiralig gestreiften Holzfasern von *Pinus* geführte Querschnitte besitzen meist zahlreiche Stellen, welche eine genaue Ermittelung des vorliegenden Structurverhältnisses gestatten. Die eine, die Spiralstreifen dann unter nahezu rechtem Winkel schneidende Seite der Zellendurchschnitte zeigt bei schwacher Vergrösserung von dem Hohlraume aus nach der primären Zellhülle hin ausstrahlende, abwechselnd helle und dunkle Streifen, mit knötchenförmigen Hervorragungen der innersten, dichten Schichtlamelle, während die andere Seite in Folge des mit der Neigung der Spirale etwa gleich gerichteten Schnittes glatt erscheint. Ob man es hier mit Dichtigkeitsstreifen, oder mit Substanzlücken zu thun habe, lässt sich bei derartiger Vergrösserung nicht entscheiden. Greift man aber zu vorzüglichen stärkeren Vergrösserungen, wie sie die Eintauchsysteme bis zu 1—2 Mm. Brennweite gewähren, so schwinden alle Zweifel, sobald man eben von gut ausgeführten, hinreichend dünnen Schnitten die thatsächlichen Verhältnisse klarlegende Stellen zur Beobachtung wählt. Man erkennt dann zweierlei dunklere Radialstreifen, nämlich dunklere und weniger dunkle. Die letzten erscheinen dabei nach dem Hohlraum der Zellhülle hin wie an ihren beiden gleichlaufenden oder doch nahezu gleichlaufenden Grenzen von einer stärker brechenden sich an die primäre Zellhülle anschliessenden Zellstofflamelle eingeschlossen (Fig. 45) und dadurch von dem Innenraum der Zelle, wie von den dunkleren Streifen abgegrenzt. Die dunkleren Streifen reichen nicht ganz so weit in die Zellwand hinein wie die vorhergehenden, so dass in ihrer Fortsetzung die primäre Zellhülle etwas verdickt

erscheint. In den minder dunklen, hell umrahmten Streifen liegen unzweifelhaft Durchschnitte verdickter Stellen der Zellhülle vor, welche innen aus der weichen secundären Verdickung bestehen und von der dichten innersten Schichtlamelle eingerahmt sind. In den dunkleren Streifen dagegen haben wir die unverdickten Stellen der Zellhülle zu erblicken, welche nahe bis an die primäre Zellhülle — die innerste dichte Schichtlamelle liegt noch dazwischen — niemals aber über diese hinausreichen, wie es von Sachs in seiner Fig. 34*b* fälschlich dargestellt wird. Noch fast schönere und klarere Bilder gewähren sehr dünne Secanten- und Radialschnitte aber immer nur an einzelnen günstigen Stellen, die durch den nicht überall parallel mit der Schnittfläche gehenden Verlauf der Holzfasern bedingt werden. Hier tritt in der klarsten Weise das eben geschilderte Structurverhältniss zu Tage (Fig. 46). Die Radialstreifen des Querschnittes wandeln sich in quer über den Zellhülldurchschnitt verlaufende Streifen um, von denen sich die dunkleren als Substanzlücken, die andern als verdickte Stellen der weniger dichten secundären Schichtlamelle mit umfassender, nach Zellhohlraum und Substanzlücken hin abgrenzender innerster dichter Schichtlamelle kund geben. Dass diese Auffassung die richtige ist, dass in den ersteren in der That die Durchschnitte der auf der Fläche hell erscheinenden Streifen, welche bei grösserer Breite in dieser Richtung ebenfalls eine Zusammensetzung aus einer mittler, schwächeren und zwei äusseren, stärker lichtbrechenden Streifen erkennen lassen, in den andern die Durchschnitte der dunklen Zwischenräume vorliegen, davon überzeugt man sich leicht durch den Verfolg des Zusammenhanges zwischen den beiden hervortretenden radialen Streifen einer- und den hellen und dunklen Spiralstreifen andererseits (Fig. 45 u. 46).

Die vorurtheilslose Beobachtung derartiger Präparate lässt keinen Zweifel über die der spiraligen Streifung zu Grunde liegende feinere Structur der Zellhülle aufkommen, falls man eben so dünne Schnitte und Schnittstellen dazu heranzieht, dass bei ihnen durch den Verlauf der Spiralstreifen nicht eine Verundeutlichung der Lichtvertheilung in dem Zellhülldurchschnitt hervorgerufen wird.

Legt man derartige Längsschnitte in Canadabalsam ein, so werden die dunkleren Querstreifen natürlich geschwächt und undeutlicher, während man an den Durchschnitten der Verdickungsbänder die Dichtigkeitsunterschiede noch in dem früheren Grade der Deutlichkeit wahrnehmen kann. Auf diese Weise sieht man in dem mikroskopischen Bilde nur helle und etwa gleichdunkle Querstreifen mit einander abwechseln, jedoch so, dass die letzteren abwechselnd nach innen hin bis an den Zellhohlraum und nur bis zu der dichten innersten Schichtlamelle (»tertiären Membran«) vordringen.

Bei den Asclepiadeen und Apocyneen ist die Klarstellung des Sachverhaltes weit schwie-

riger. Optische Durchschnitte sind ganz und gar ausser Acht zu lassen, da an diesen die betreffende Structur nur verschwommen auftritt und jede gerade wünschenswerthe Deutung zulässt. Wirkliche Durchschnitte der Faserwände von ausreichender Dünne und entsprechender Richtung sind dagegen äusserst selten zu erlangen, denn die lose Verbindung der Bastfasern unter sich und mit dem umgebenden Gewebe, die Weichheit der Zellhüllen erschweren, da alle künstlichen Hülfsmittel der Präparation, wie Eintrocknen, Einschmelzen, Einhüllen in Gummischleim u. s. w. strengstens vermieden werden müssen, den Erfolg in hohem Maasse. Am ehesten geht die Sache noch bei *Nerium;* aber auch da habe ich mich zu verschiedenen Zeiten lange bemüht, ehe ich zu für mich entscheidenden Resultaten gekommen bin. Einzelne mehr dem Zufall als sonst etwas zu verdankende Stellen vereinzelter Schnitte liessen Structurverhältnisse erkennen, wie ich sie a. a. O. S. 84 vorgelegt habe. Die schief durchschnittenen Längswände erscheinen nämlich bei minder verdickten nur ein Streifensystem besitzenden Fasern an der einen Seite stellenweise in ihrer ganzen Dicke, bei stärker verdickten, zwei Streifensysteme aufweisenden in der äusseren oder inneren Wandhälfte von Querstreifen durchsetzt. Da diese Querstreifen nun mehrere Schichten mit weichen und dichten Schichtlamellen durchschneiden, so müssten, wenn dieselben Differenzirungsproducte wären, sowohl die hellen wie die dunkeln eine entsprechende Gliederung nach dem verschiedenen Wassergehalte zeigen. Bei Beobachtung mittelst ausgezeichnet stärkeren Objectivsystemen und haarscharfer Einstellung auf die Streifenränder erkennt man aber, dass nur die hellen Streifen die durch die Schichtenlamellen bedingte Gliederung besitzen, während die dunklen ununterbrochen von dem Zellraum aus bis zur primären Zellhülle resp. zu dem andern Schichtencomplexe verlaufen (Fig. 48*a*). Eine weniger genaue Einstellung zeigt freilich auch in den dunklen Streifen eine Gliederung, allein diese ist nur eine scheinbare. Da der Schnitt nämlich niemals so dünn ausgeführt werden kann, dass nicht die steile Neigung der Spiralstreifen zur Geltung kommt, so scheinen diese ober- oder unterhalb der Einstellungsebene liegend durch und gewähren vermöge der ihnen angehörigen Schichtenlamellen ein Bild, als ob auch den dunklen Streifen eine Gliederung in wasserreiche und wasserreichere Felder zu eigen wäre (Fig. 48*b*). Dass dadurch der Differenzirungshypothese günstige Täuschungen ebensowohl veranlasst werden können, wie durch »optische Durchschnitte« ist selbstverständlich. Legt man nun auch diesen letzten Beobachtungen in Anbetracht der schwer und nicht immer klar zu ermittelnden Thatsachen eine weniger schlagende Bedeutung bei, wie ich es selber thue, so beweisen doch die an *Abies excelsa*, wie an *Pinus silvestris* erlangten und mit vollster Sicherheit festzustellenden Resultate, dass die weiter oben aus dem optischen Verhalten, wie aus dem Verhalten gegen Eintrocknung, Einhüllung in ver-

schieden brechende Mittel und Quellung erregende Flüssigkeiten gezogenen Schlüsse ihre volle Berechtigung haben und die spiralige Streifung in der That den Verdickungsformen angehört.

Damit ist denn auch diese feinere Structur der Zellhülle mit den sonstigen Entwicklungsformen der verdickten Zellen in Einklang gebracht, und es kann die so reichlich mit physikalischen Ungeheuerlichkeiten (man denke an harte, hart-hart-weiche, hart-weiche, hart-weiche-weiche-weiche Areolen!!) ausgestattete Differenzirungshypothese, welche auch bei der Schichtenbildung (auf hier nicht berührte Gebiete werde ich später einmal zurückkommen) nicht allein in dem Sinne Nägeli-Hofmeister's nicht, sondern überhaupt nicht zugelassen werden darf *), aus dem Capitel über die Structur der Zellhülle ruhig gestrichen werden.

V. Die Schliesshaut der einfachen Poren.

Die Behandlung dieses Structurverhältnisses, dessen ich schon in No. 17 der Flora von 1874 und zwar auf Seite 270 vorübergehend und kurz gedacht habe, gehört eigentlich nicht in den streng gezogenen Rahmen der in der Hauptüberschrift genannten Beobachtungsreihen. Dasselbe ist aber mit den hier behandelten Dingen so nahe verwandt, dass es wohl einen Platz neben denselben finden darf.

Bisher hat man allgemein — und ich selbst habe es ja bis in neuere Zeit gethan — angenommen, dass die Schliesshäute der einfachen cylinder- und stempelförmigen Poren durch die zwischen den Porencanälen ununterbrochen fortlaufende primäre Zellhülle gebildet würden. Nur Dr. Theodor Hartig hatte die fragliche Structur schon seit 1843 (Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen, S. 12, Fig. 12—15 seiner Tafel) richtig erkannt und dargestellt, indem er den Verschluss der einfachen Poren als durch die innersten, die Hohlräume der Zellen auskleidenden, copulationsartig mit einander verwachsenen Lamellen der Nachbarzellen (seine Ptychode, tertiäre Membran a. Aut.) hergestellt beschrieb.

Oberflächliche Betrachtung der Poren und Verwendung nicht äusserst feiner Schnitte zur Beobachtung führt hier, namentlich bei dem Gebrauche schwächerer Vergrösserungen, leicht

*) Wenn ich in No. II. bezüglich der Entstehung der weichen Schichtenlamellen der secundären Verdickung noch für die Möglichkeit einer doppelten Entwicklungsweise Raum gelassen habe (S. 23), so muss ich doch jetzt, nachdem ich mich nochmals mit diesem Punkte beschäftigt habe, mich dahin aussprechen, dass die Entstehung, wie das weitere Wachsthum der weichen massenhaften secundären Lamelle von *Pinus* und anderen Laub- und Nadelhölzern, oder der weichen Schichtenlamellen von *Clematis* u. s. w. durch Einlagerung wasserreicherer Zellstoffmolecüle zwischen die dichteren vorgebildeten Zellhülltheile (primäre und tertiäre Zellhülle, dichte Schichtlamellen) vor sich geht.

irre. So konnte es kommen, dass der so vortrefflich präparirende Schacht und ich selbst lange Zeit hindurch in Täuschung befangen blieben. Erst während meiner eingehenderen Studien über die feinere Structur der Zellhülle und nachdem ich Hartig's Arbeiten aus früherer Zeit sorgsam studirt hatte, gelangte ich zu der richtigen Erkenntniss der Thatsachen. Diese kommen in Bezug auf die vorliegende Frage den früheren schriftlichen und bildlichen Darstellungen Theodor Hartig's so nahe, dass noch heute seine Figuren von den Markzellen des *Taxodium distichum* als das Structurverhältniss möglichst genau wiedergebend angesehen werden können.

Nachdem ich bei *Phytelephas macrocarpa* (wovon ich schon in meinem Mikroskop Bd. II, Tafel VI, Fig. 39 eine richtige Zeichnung gegeben habe), *Phoenix dactylifera* u. s. w. den wahren Bau der einfachen Poren erkannt hatte, wendete ich mich zunächst zu umfassenderen Beobachtungen der Bearbeitung des von Hartig benützten Objectes, nämlich Querschnitten aus dem Marke junger Triebe von *Taxodium distichum* zu und lasse ich die daran erlangten Resultate denn auch hier vorausgehen.

Der dünne, senkrecht auf die Längsachse der wenig gestreckten Zellen geführte Querschnitt, ebenso der Radialschnitt, lassen sofort erkennen, wie die innerste stark lichtbrechende secundäre Schichtlamelle (»tertiäre Membran«) von dem Zellhohlraume aus einbiegend den ganzen Porencanal auskleidet und sich ununterbrochen in die Schliesshaut fortsetzt (Fig. 49). An manchen Stellen vereinigen sich die den Nachbarzellen angehörigen Lamellen mit einander zu einer einfachen Schliesshaut, an anderen bleiben sie etwas von einander getrennt und lassen eine röthlichgraue, schwach lichtbrechende Masse zwischengelagert erkennen. Die primäre Zellhülle setzt gewöhnlich schon etwas vor der geringen Erweiterung des Porencanals allmälig verlaufend oder kurz ab und wird durch die oben erwähnte Masse ersetzt (Fig. 49—52). Sie ist eben an den Stellen, wo die benachbarten correspondirenden Porencanäle aufeinandertreffen, aufgelöst worden und es erscheint deren Platz entweder durch die innerste secundäre Schichtlamelle in Form der einfachen Schliesshaut völlig ersetzt oder es lagert sich ihr Umbildungsproduct zwischen die mehr oder weniger einander nur genäherten, stark lichbrechenden Lamellenstücke.

Behandlung mittelst der Zellstoff anzeigenden Reagenzien, ebenso mit Chromsäure bringen die in Betracht kommenden Verhältnisse durch die Verschiedenheit in der Färbung der Zellhülltheile noch schärfer zum Ausdruck. Unter längerer Einwirkung von Chlorzinkjodlösung färbt sich die wasserreichere secundäre Verdickung weinroth, die dichte innerste Lamelle blassgelb; die primäre Zellhülle wird höher gelb gefärbt und lässt nun deutlich ihre Unterbrechung

in dem Bezirk der Poren erkennen (Fig. 50). Vorher mit Kalilauge behandelte Schnitte zeigen nur insofern eine Aenderung in der Färbung, als die innerste Lamelle nun fast ungefärbt bleibt und nur einen bläulich violetten Hauch erkennen lässt (Fig. 51). Die stellenweise zwischen den Schliesshäuten verbleibende Masse erscheint in der Regel schmutzig braunröthlich gefärbt. Sehr charakteristisch treten auch die Endigungen der primären Zellhülle in der Nähe der stempelförmigen Erweiterung der Porencanäle bei Anwendung von Chromsäure hervor (Fig. 52).

Ein noch leichter als *Taxodium* zu behandelndes und den Sachverhalt in klarster Weise offen legendes Object bilden sehr dünne Querschnitte des Sameneiweiss der Palmen und des Collenchym mancher Gewächse, namentlich der Cacteen.

Phytelephas micro- und *macrocarpa*, *Phoenix dactylifera*, *Sagus Rumphii*, *Seaforthia elegans*, *Corypha australis*, *Areca sapida* u. s. w. sind von mir in dieser Richtung untersucht worden und lieferten alle den in den Figuren 53 und 54 dargestellten ähnliche Resultate der Beobachtung. Besonders instructive (zur Demonstration und Beweisführung aufbewahrte) Objecte lieferten mir die Behandlung zarter Querschnitte durch das Sameneiweiss von *Phytelephas microcarpa* mit Kalilauge. Die vorher oft kaum sichtbaren primären Zellhüllen quellen unter dem Einflusse dieses Reagenzes in der ersten Zeit (später wird die Quellung, welche bei aufzubewahrenden Präparaten rechtzeitig unterbrochen werden muss, zu stark) etwas auf und heben sich, während zugleich die Intercellularsubstanz gelöst wird, entschieden von der stark aufquellenden weichen secundären Verdickung ab. Dabei bleiben die vorläufig nicht quellenden innersten, den Zellhohlraum, wie die Porencanäle auskleidenden und die Schliesshäute bildenden Lamellen überall da, wo diese auf dem frischen Querschnitt einfach erschienen, in vollem Zusammenhang (Fig. 55) und lassen keinen Zweifel an der Richtigkeit der oben schon erlangten Resultate aufkommen. Aehnliche Zwischenstufen treten bei der durch nicht zu stark verdünnte Schwefelsäure hervorgerufenen Quellung auf (Fig. 56).

Schwerer, als bei den vorgenannten Objecten, ist der Bau der einfachen Poren bei vielfach geschichteten Zellen mit sehr engen Porencanälen zu ermitteln. Aber auch hier lassen sich, wie die Figuren 51—57 zu der zweiten Abhandlung darthun, die Structurverhältnisse an recht dünnen Stellen guter Querschnitte noch sicher erkennen. Man sieht, dass die je jüngeren dichten Schichtlamellen in den Porencanal einbiegen, mit den je älteren in innigen Zusammenhang treten und so den Porencanal als zusammenhängende etwas wellige Linien auskleiden, während die je ältesten sich zur Schliesshaut gestalten. Deutlicher treten diese Thatsachen an unter dem Einflusse von Schwefelsäure noch nicht zu stark gequollenen Zellen hervor (Fig. 57). Aehnliche Resultate, wie die vorgetragenen, welche sich vorzugsweise auf

den Querschnitt der die Gefässbündel umgebenden Faserzellen einer mexikanischen, nicht bestimmten Lycopodiumart beziehen, liefert die Untersuchung der stark verdickten Faserzellen aus der Rinde und der Umgebung der Gefässbündel einheimischer und tropischer Farnkräuter.

Der Verschluss der einfachen cylinderförmigen oder stempelförmig erweiterten Poren wird also nicht durch die primäre Zellhülle (Mittellamelle Hofmeister's u. A.), sondern durch die dichte innerste secundäre Schichtlamelle (»tertiäre Membran«) bewirkt.

Inwieweit diese sicher festgestellten und leicht zu controlirenden Thatsachen einen Schluss auf das Herkommen der Schliesshaut der Hofporen gestattet, muss ich einstweilen dem Ermessen des unbefangenen, sachkundigen Lesers überlassen. Ich für meinen Theil halte den früher (Flora 1874 und 1875) von mir gezogenen für berechtigt. Für mich selbst liegt die Sache ausserdem auf Grund meiner bezüglichen Untersuchungen klar. Ich habe aber noch diejenige Folge von Präparaten, die einem hier nicht so zufallen, beisammen, welche mir zum Beweise und zu einer Jedermann überzeugenden Demonstration des Sachverhaltes erforderlich erscheinen. Deshalb will ich für heute dieser Streitfrage denn auch nicht näher treten und dieselbe als noch nicht endgültig entschieden ansehen.

Darmstadt, Juni 1877.

Erklärung der Abbildungen.

Bemerkung. Es bedeuten in allen Figuren:

pr. primäre Zellhülle,
sa. äussere (weiche) Schicht der secundären Verdickung,
si. innere (dichte) Schicht der secundären Verdickung („tertiäre Membran"),
z. Zwischensubstanz zwischen den radialen Hüllstücken der cambialen und jüngsten Bast- und Holzzellen,
p. Pore,
i. Intercellularsubstanz.

Wo nichts Besonderes bemerkt ist, sind die Figuren 500mal vergrössert.

Zu III.

Fig. 1. Schematische Darstellung eines der Nägeli-Hofmeister'schen Hypothese angepassten Querschnittes durch das sich entwickelnde Herbstholz der Kiefer *(Pinus silvestris).*

Fig. 2. Querschnitt durch das Holz von *Pinus canariensis.* Die Figur ist insofern halbschematisch als darin die an verschiedenen Präparaten gewonnenen Bilder in Bezug auf das optische Verhalten der „Mittellamelle" combinirt sind.

Fig. 3. Querschnittpartie aus dem Holze von *Pinus silvestris* in polarisirtem Lichte beobachtet.

Fig. 4. Querschnitt aus dem Holze von *Pinus silvestris* in der Nähe eines Harzganges. Die Zellen erscheinen theilweise durch natürliche Mazeration getrennt.

Fig. 5. Querschnitt durch die Cambiumregion von *Pinus silvestris.* Auf der rechten Seite sieht man, wie schon in der frühesten Jugend auch die tangentialen Hüllstücke aus den benachbarten primären Hüllstücken zusammengesetzt sind.

Fig. 6. Der Hofmeister-Sachs'schen Anschauung entsprechende, schematische Figur des Mazerationsproductes eines Querschnittes von *Pinus silvestris.*

Fig. 7. Querschnitt durch das Holz von *Pinus canariensis* mehrere Stunden lang bei gewöhnlicher Zimmertemperatur (Sommer) dem Schulz'schen Mazerationsgemische ausgesetzt. Links die weniger intensive, rechts die intensivere Wirkung dargestellt, wie sie an dem Präparat beobachtet wurde.

Fig. 8. Ein gleiches Präparat in polarisirtem Lichte beobachtet.

Fig. 9. *A, B* und *C.* Dieselbe Stelle aus einem Querschnitte durch ganz junges Herbstholz von *Pinus silvestris* in den verschiedenen Stadien der Einwirkung von Chromsäure.

Fig. 10. Querschnitt durch das Holz von *Pinus canariensis.* Derselbe wurde, nachdem er einige Zeit dem Schulz'schen Mazerationsgemische ausgesetzt und sorgfältig ausgewaschen war, mit concentrirter Schwefelsäure behandelt und zeigt von oben nach unten (*A—D*) die allmälige Wirkung derselben.

Fig. 11. Schematisches Bild der Schwefelsäurewirkung nach der Hofmeister-Sachs'schen Darstellung.

Fig. 12. Theil eines Querschnittes durch das jüngste und junge Holz von *Pinus strobus* während der regsten Neubildung.

Fig. 13. Querschnitt durch junges und altes Holz der *Clematis vitalba* unter Chloazinkjodlösung.

Fig. 14. Desgleichen aus dem Grundgewebe des Blüthenschaftes von *Gladiolus cardinalis* desgl.

Fig. 15. Querschnitt aus dem Holze von *Pinus canariensis* nach der Mazeration in dem Schulz'schen Gemische mit Anilinlösung behandelt. Die Intercellularsubstanz theilweise schon der Lösung nahe, theils gelöst.

Fig. 16. Desgleichen nach unterbrochener Mazeration mehrere Tage lang mit Chlorzinkjodlösung behandelt. *A—D* die Stellen verschiedengradiger Wirkung des Schulz'schen Gemisches.

Fig. 17. Desgleichen nach Behandlung mit dem Mazerationsgemische, kalter Kalilauge und Chlorzinkjod.

Fig. 18. Desgleichen mit theilweise freiliegendem Gerüste der Intercellularsubstanz.

Fig. 19. Querschnitt durch altes Holz von *Pinus silvestris* nach der Mazeration, theilweise unter der Einwirkung von Chlorzinkjodlösung dargestellt.

Fig. 20. Querschnitt aus dem in der Entwicklung begriffenen Herbstholze von *Pinus silvestris* in polarisirtem Lichte.

Fig. 21. Querschnitt durch das Cambium, den jungen Bast und das junge Holz von *Pinus strobus*. Links Reaction auf Chlorzinkjodlösung, rechts Wirkung des Schulz'schen Gemisches.

Fig. 22. Theil aus dem Querschnitte des jüngeren Holzes von *Pinus silvestris* mit Kalilauge gekocht und dann mit Jod und Schwefelsäure behandelt. In den jüngeren Zellen ist die Intercellularsubstanz gelöst.

Zu IV.

Fig. 23. Längsschnitt durch das Herbstholz eines Astes von *Abies excelsa*; bei *a* Einstellung auf die obere, bei *b* auf die untere Wandfläche.

Fig. 24. Desgleichen. *a* eine halbirte, *b* eine angeschnittene Zelle.

Fig. 25. Zwei Zellen aus dem Längsschnitte des rothgefärbten Astholzes von *Pinus silvestris* (innerer Theil des Jahresringes); bei *a* Einstellung auf die Mittelebene des Hohlraumes, bei *b* auf die obere einfache Zellhüllhälfte.

Fig. 26. Die Zellen aus einem ähnlichen Schnitte; bei *a* und *b* halbirte Zellen, von denen je die obere oder untere Zellhälfte erhalten war, *c* eine angeschnittene Zelle.

Fig. 27. Theil einer isolirten Bastfaser von *Asclepias syriaca* bei Einstellung auf die Mittelebene des Zellhohlraumes.

Fig. 28. Desgleichen bei Einstellung auf die obere Zellhälfte, welche am Ende der durchrissenen Zelltheile stellenweise allein erhalten war.

Fig. 29. Desgleichen bei Einstellung auf die untere Zellhälfte.

Fig. 30. Längsschnittsansicht einer Bastfaser, an welcher die obere Hälfte durch den Schnitt hinweggenommen war.

Fig. 31. Isolirte Bastfaser von *Nerium Oleander* bei Einstellung auf die Berührungsebene zweier Schichtencomplexe.

Fig. 32—35. Desgleichen bei den verschiedenen im Texte erwähnten Einstellungen.

Fig. 36. Längsschnitt aus dem Herbstholze des Astholzes von *Abies excelsa* trocken und in Luft beobachtet.

Fig. 37. Desgleichen von *Pinus silvestris*.

Fig. 38. Isolirte dünnwandige Bastfaser von *Cynanchum Vincetoxicum*, wie oben.

Fig. 39. Längsschnitt der spiralig gestreiften Astholzzellen von *Pinus silvestris* in Canadabalsam eingelegt. Bei *x* ein mit Luft angefülltes Faserstück.

Fig. 40. Ein ähnliches Präparat von Schwefelkohlenstoff umhüllt.

Fig. 41. Isolirte Bastfaser von *Asclepias syriaca* unter Schwefelsäure. Das untere Ende zeigt frei in die Flüssigkeit ragende Streifen der unteren Zellhüllhälfte.

Fig. 42. Längsschnitt der gestreiften Holzfasern von *Pinus silvestris* unter gleichen Umständen.

Fig. 43. Isolirte Bastfaser von *Asclepias syriaca* nach stärkerer Einwirkung etwas concentrirterer Schwefelsäure.

Fig. 44. Isolirte Bastfaser von *Nerium Oleander* in vorgerücktem Quellungsstadium an einer Bruchstelle beobachtet, wo sich die Spiralbänder aufrollen.

Fig. 45. Längsschnitt von spiralig gestreiften Holzfasern der Fichte *(Abies excelsa)* unter starker Vergrösserung 1 : 2000.

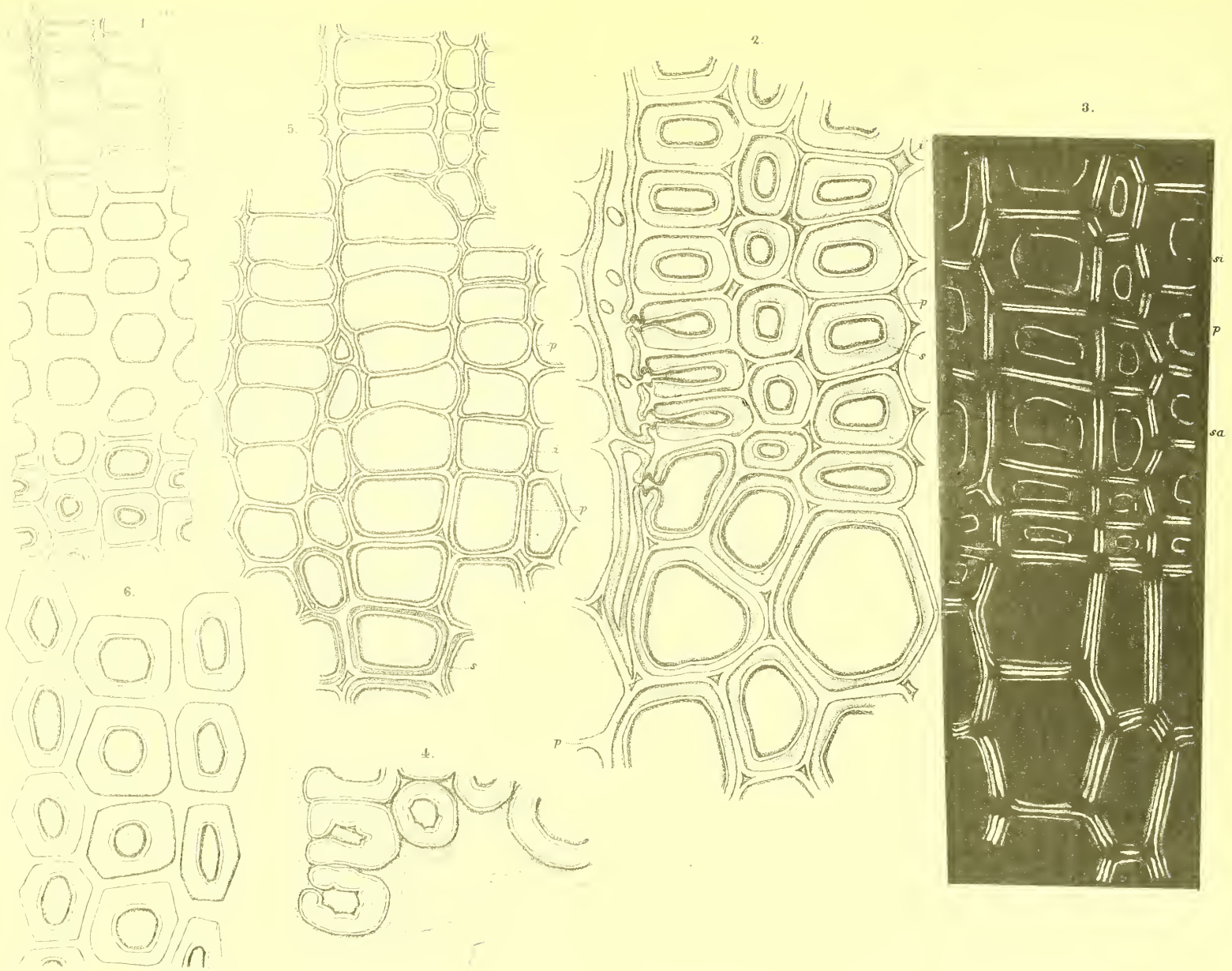
Fig. 46. Theil des Schiefquerschnittes einer spiralig gestreiften Holzfaser von *Pinus silvestris* Vergr. = 1 : 2000.

Fig. 47. Theil des radialen Längsschnittes von demselben Objecte 1 : 2000.

Fig. 48. Theil des schief gerichteten Längsschnittes durch eine Bastfaser von *Nerium Oleander*.
Bei *a* scharfe Einstellung auf die Grenze der dunklen Querstreifen.
Bei *b* weniger scharf, etwas tiefere Einstellung, wobei man die Schichten durchscheinen sieht.

Zu V.

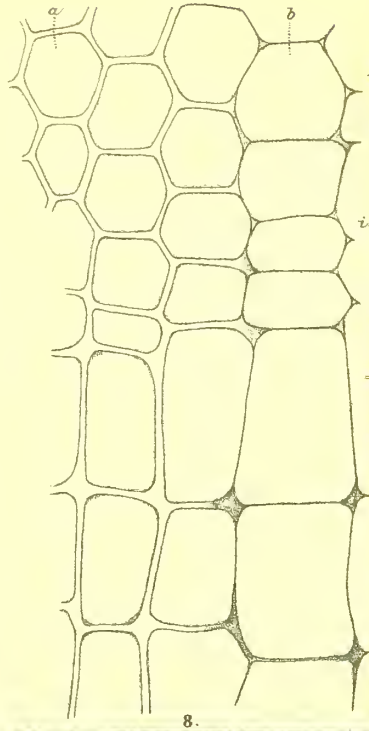
Fig. 49. Theil eines Querschnittes durch das Mark von *Taxodium distichum*.
Fig. 50. Bruchstück einer Markzelle unter Chlorzinkjodlösung.
Fig. 51. Desgleichen nach vorhergegangener Behandlung mit Kalilauge.
Fig. 52. Desgleichen unter Chromsäure.
Fig. 53. Theil eines Längsschnittes durch das Sameneiweiss von *Phytelephas microcarpa*.
Fig. 54. Querschnittpartie aus dem Collenchym von *Cereus spec.*
Fig. 55. Querschnitt aus dem Sameneiweiss von *Phytelephas microcarpa* unter Kalilauge gequollen.
Fig. 56. Theil einer längsdurchschnittenen Zelle desselben Objectes unter Schwefelsäure gequollen.
Fig. 57. Theilstücke zweier benachbarten Zellen aus der Umgebung des Gefässbündels von *Lycopodium spec. mex.* unter Schwefelsäure gequollen.



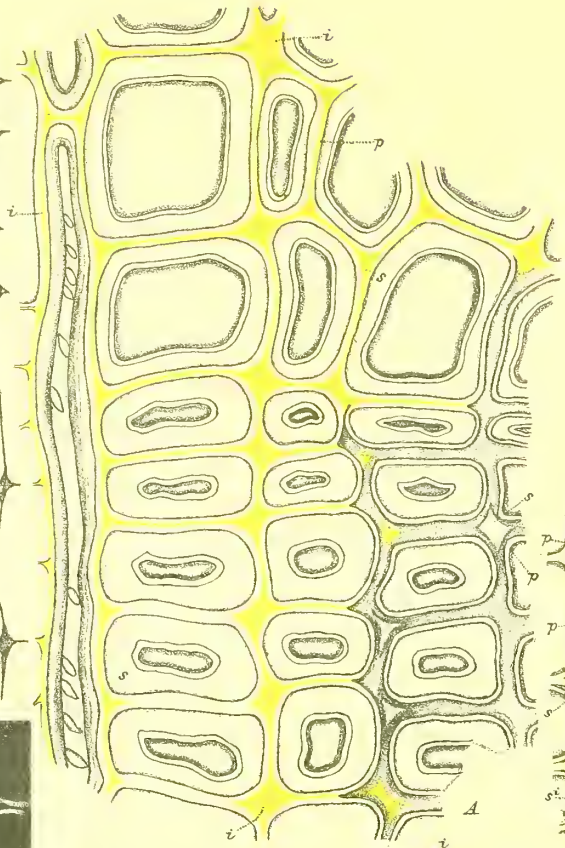
n. d. Natur gez. v. Professor Dr L. Dippel

Lith. Anst. v. C. Welzbacher, Darmstadt

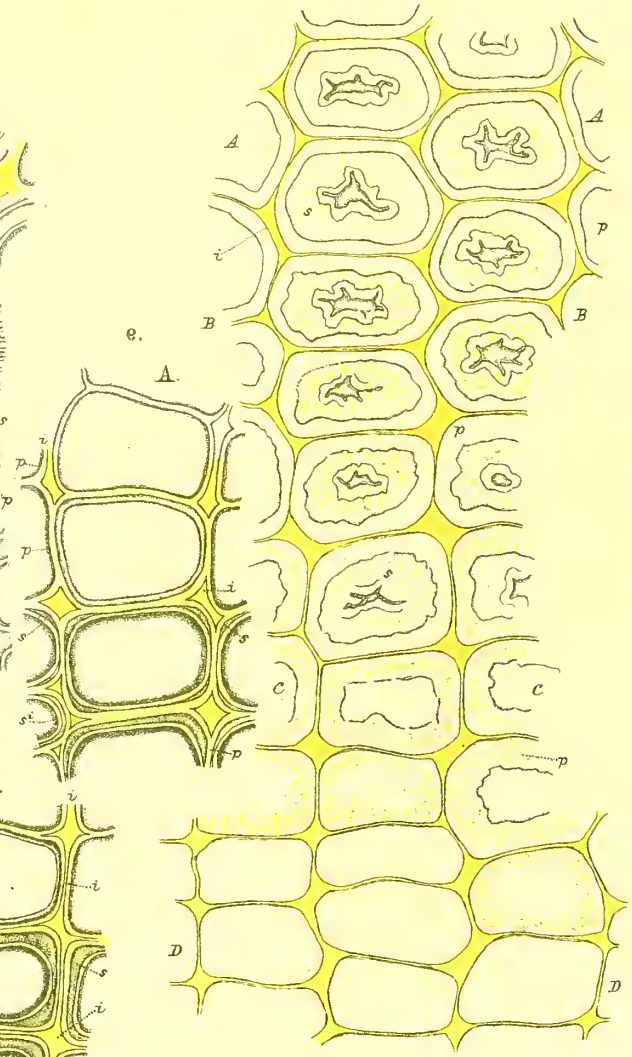
11.



7.

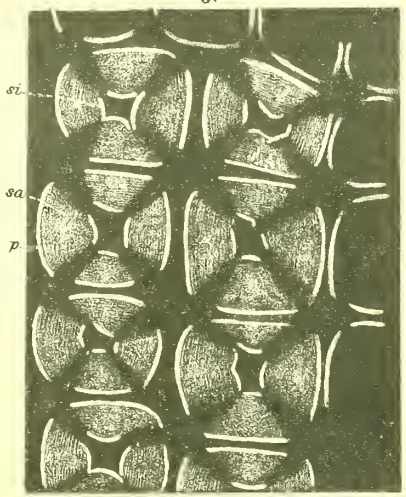


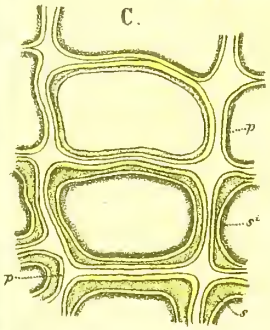
10.

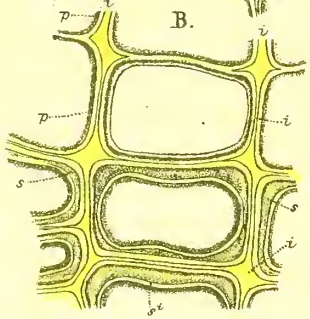


e.

8.

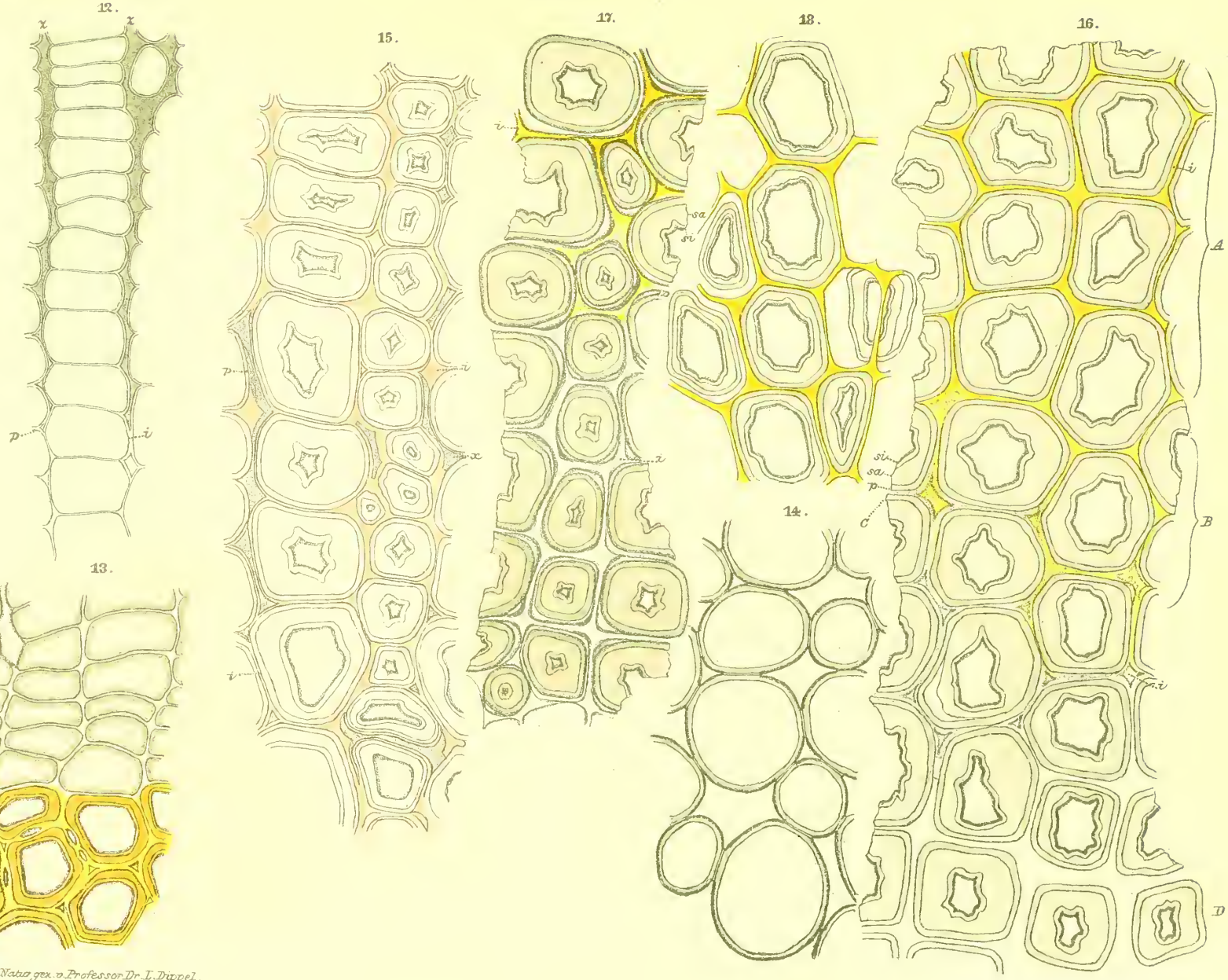






n d. Natur gez. v. Professor Dr. L. Dippel

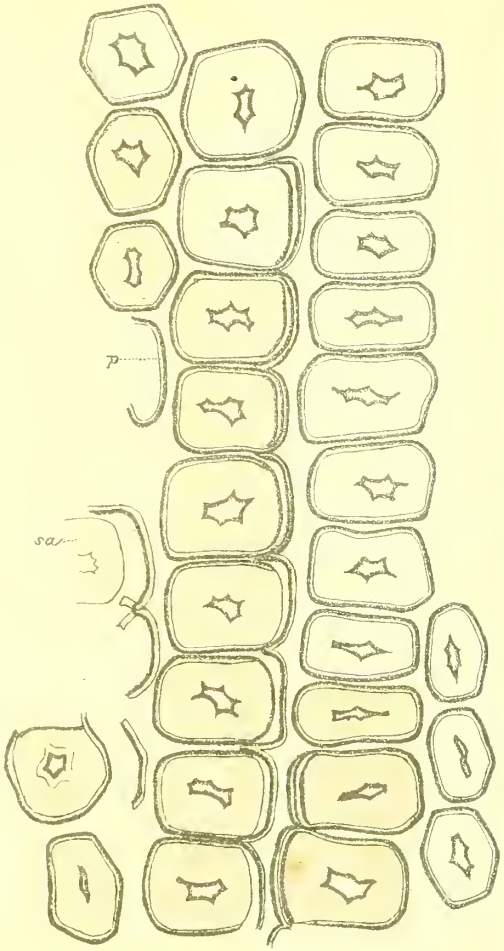
Lith. Anst. v. C. Welsbacher, Darmstadt



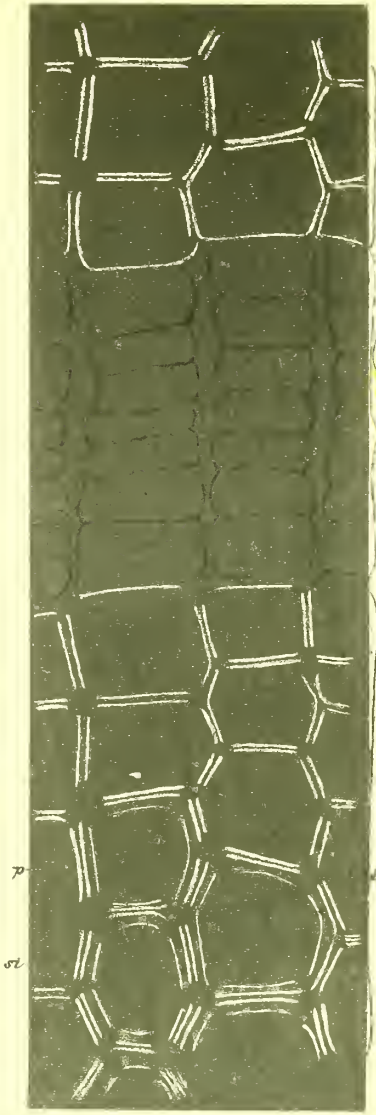
n. d. Natur gez. v. Professor Dr. L. Dippel.

Lith. Anst. v. C. Welzbacher, Darmstadt.

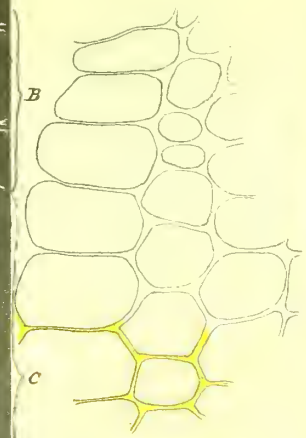
19.



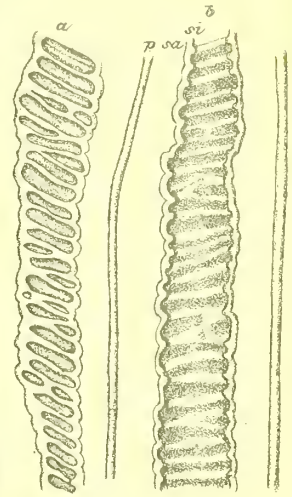
20.



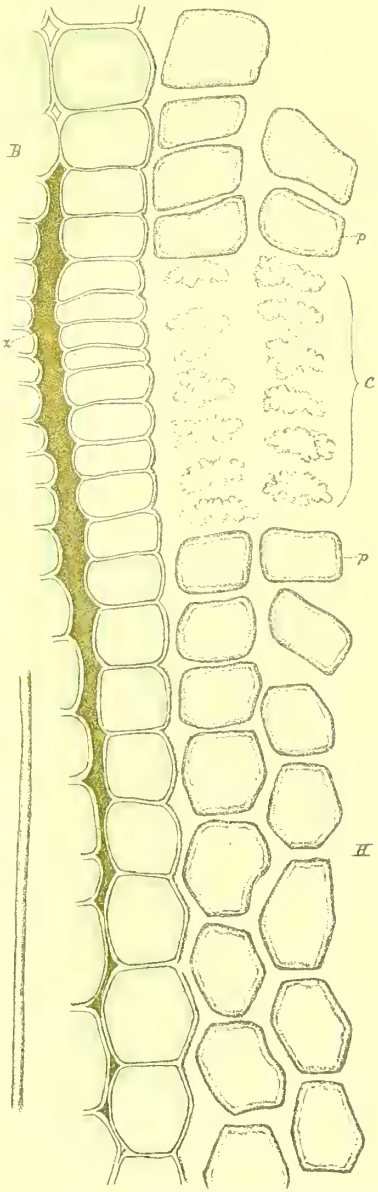
22.



23.

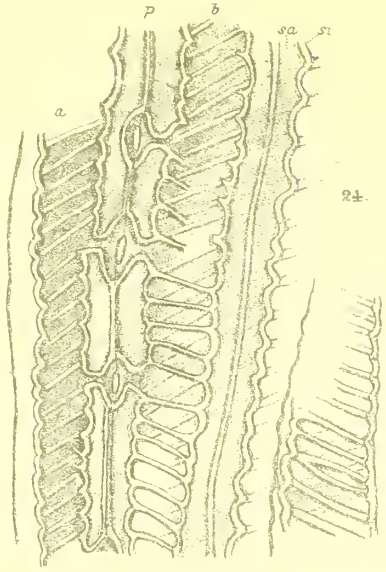


21.



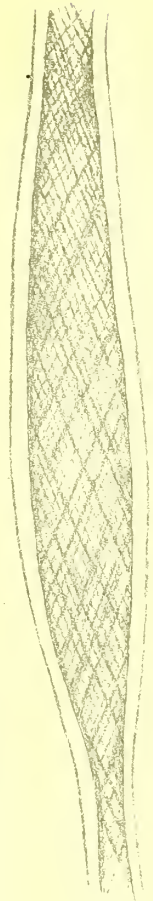
n. d. Natur gez. v. Professor Dr. L. Dippel.

Lith. Anst. v. C. Welzbacher Darmstadt.



24.

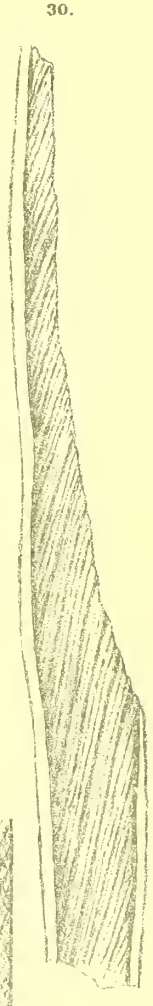
32.



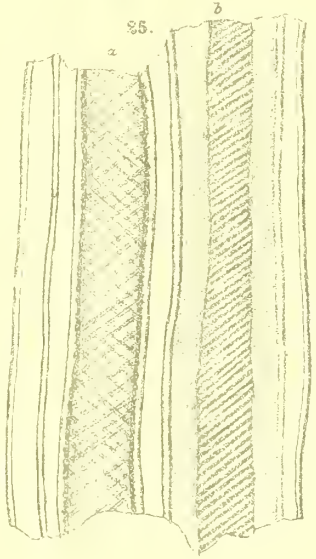
27.

28.

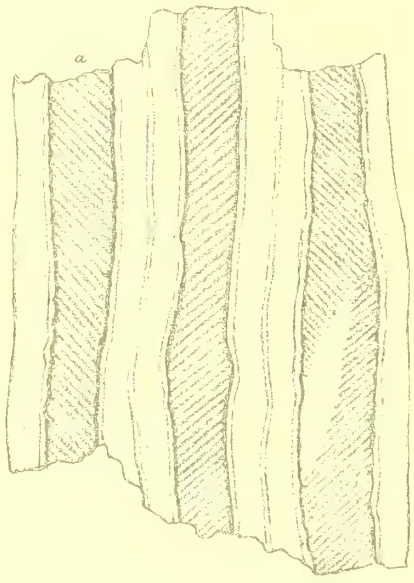
29.



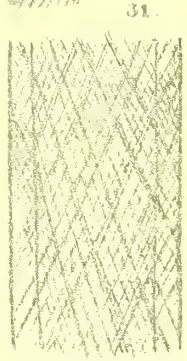
30.



25.



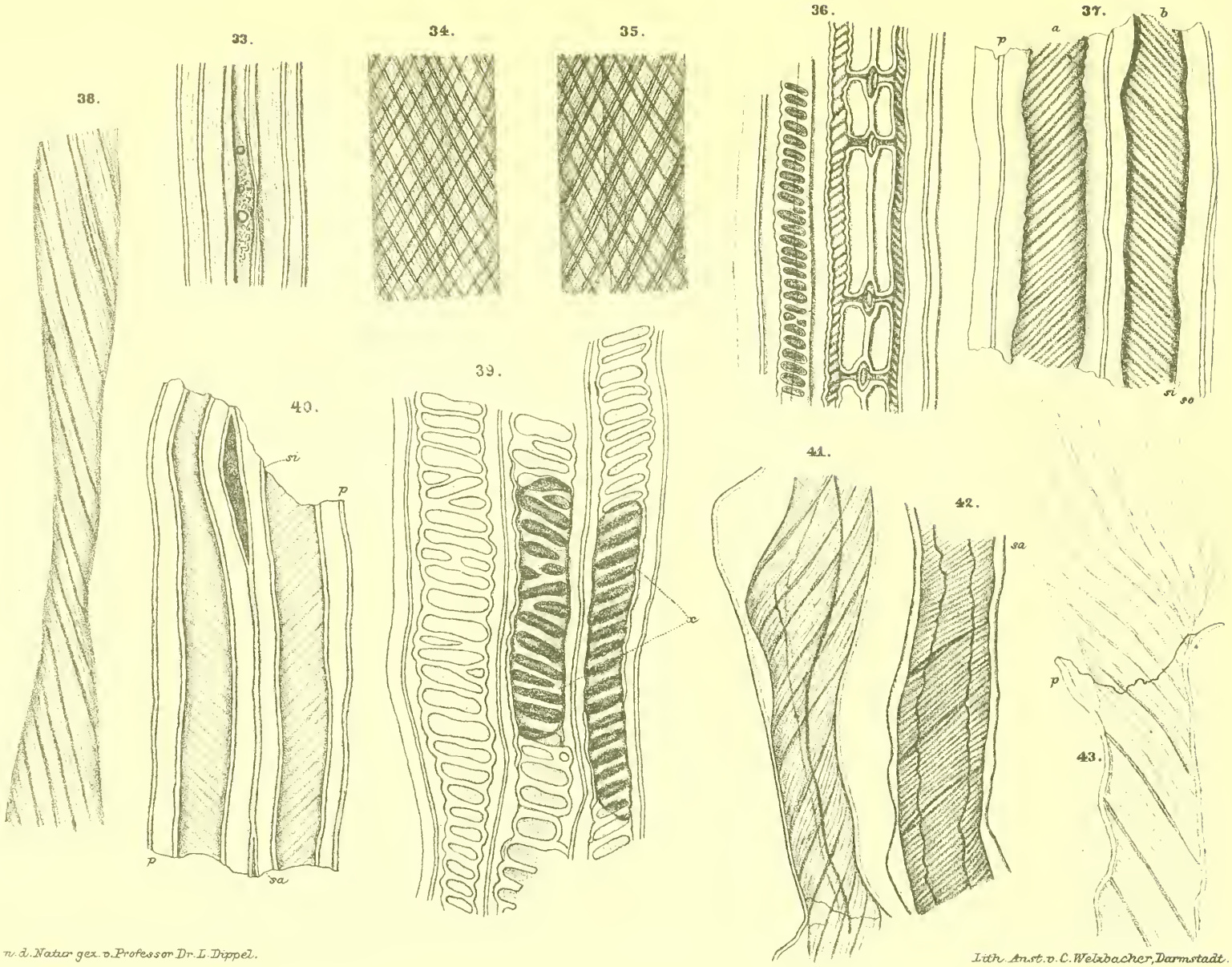
26.



31.

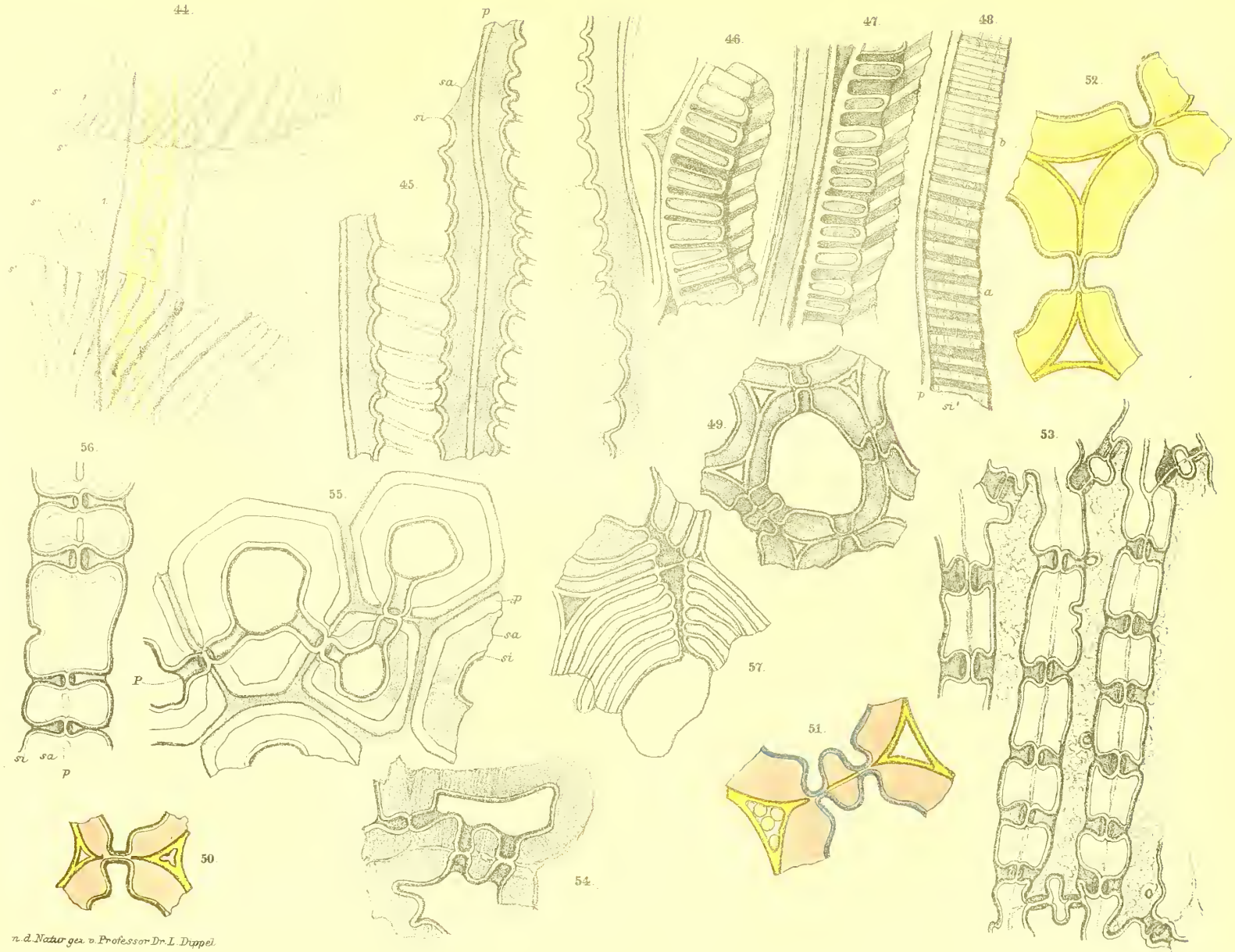
n. d. Natur gez. v. Professor Dr. L. Dippel.

Lith. Anst. v. C. Welzbacher. Darmstadt.



n. d. Natur gez. v. Professor Dr. L. Dippel.

Lith. Anst. v. C. Welzbacher, Darmstadt.



n. d. Natur ges. v. Professor Dr. L. Dippel.

Lith. Anst. v. C. Welxbacher. Darmstadt